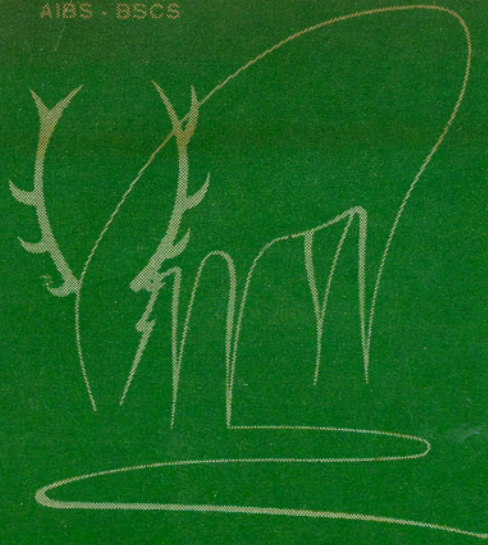




ecologia

adaptação por:

O. Fróta Pessoa e Myriam Krasilchik

ecologia

**SÉRIE "CIENTISTAS
DE AMANHÃ"**

**IBECC INSTITUTO BRA-
SILEIRO DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E CULTURA
UNESCO**

VOLUMES PUBLICADOS:

- 1 — Eletricidade para crian-
ça — Maria Julieta S.
Ormastroni
- 2 — Computadores — La-
fayette de Moraes
- 3 — Régua de Cálculo — La-
fayette de Moraes
- 4 — Descobrindo Pólvora —
Maria Julieta Ormas-
troni
- 5 — Magnetismo Eletrostá-
tica — Fuad Karim
Miguel
- 6 — Qual a idade da Terra
— Patrick M. Hurley
tradução de José Moacir
Viana Coutinho
- 7 — Reações Químicas —
Sérvulo Folgueras Do-
mingues

AVULSOS FORA DE SÉRIE

Volumes publicados

- 1 — Guia de Laboratório —
diversos autores
- 2 — Ensino da Matemática
Moderna — Oswaldo
Sangiorge e outros
- 3 — Mapas de Bioquímica —
diversos autores
- 4 — Animais de Nossas
Praias — Carlos Nobre
- 5 — Ecologia para Escola
Secundária — BSCS
- 6 — Entomologia para você
— Messias Carrera

ECOLOGIA

Adaptado do "HIGH-SCHOOL BIOLOGY: Green Version" produzido pelo Biological Curriculum Study, do American Institute of Biological Sciences revised edition 1961.

Adaptação revista por:
F. Segadas Viana
Bernardo Issler

Capa: F. BARRA
Planejamento gráfico: Samuel Santos

Copyright by IBECC-UNESCO



Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura
Caixa Postal 2921
São Paulo — Brasil

ECOLOGIA

Uma unidade de
estudo

Adaptado por:

**O. Frota-Pessoa e
Myriam Krasilchik**

EDITORA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

1963

Edição da

EDITORA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira"

Butantã — São Paulo — Brasil

IMPRESSO NOS ESTADOS UNIDOS DO BRASIL

Printed in the United States of Brazil

ÍNDICE

CAP. I O MUNDO DOS	
SÊRES VIVOS	11
1.1 As pacas e o capim	12
1.2 O equilíbrio na natureza	13
1.3 Energia	14
1.4 Matéria	19
1.5 Alimentos	24
1.6 A biosfera	26
Sumário	27
Questões	28
 CAP. II INDIVÍDUOS, POPULAÇÕES	
E COMUNIDADES	29
2.1 Introdução	29
2.2 O indivíduo	30
2.3 Populações e suas propriedades	30
2.4 Comunidades	44
2.5 O ecossistema	46
Sumário	47
Questões	47
 CAP. III A VIDA NA TERRA	49
3.1 Introdução	49
3.2 Porque os organismos se distribuem irregularmente?	50
3.3 Climas	53
3.4 Tipos de biomas	60
3.5 Efeitos da altitude	73
Sumário	75
Questões	76
 CAP. IV A VIDA NA ÁGUA DÔCE	77
4.1 Introdução	77
4.2 Os charcos	79
4.3 Problemas da vida na água doce ...	88

4.4	Classificação dos animais da água doce	89
4.5	Os rios	91
4.6	A influência do homem sobre as comunidades de água doce	93
	Sumário	96
	Questões	96
CAP. V	A VIDA NOS MARES	98
5.1	Introdução	98
5.2	História dos mares	100
5.3	A água do mar	103
5.4	Classificação dos ambientes marinhos	103
5.5	A floresta e o mar	119
	Sumário	121
	Questões	122
CAP. VI	A GEOGRAFIA DA VIDA	123
6.1	Introdução	123
6.2	Os limites de distribuição	124
6.3	Endemismo	134
6.4	Distribuições disjuntivas	135
6.5	Regiões faunísticas e florísticas	137
	Sumário	149
	Questões	150
CAP. VII	A HISTÓRIA DA VIDA	151
7.1	A origem da vida	151
7.2	Fósseis, sedimentos e tempo	154
7.3	O tempo geológico	158
7.4	A vida na era paleozóica	161
7.5	A vida na era mesozóica	170
7.6	A vida na era cenozóica	176
	Sumário	183
	Questões	184
EXERCÍCIOS DE ECOLOGIA		185
	Introdução ao laboratório	187
	Regras importantes para o trabalho no laboratório	190

Exercício n.º 1	
Influência da umidade na germinação de sementes	193
Exercício n.º 2	
Influência da luz e da temperatura na germinação das sementes	194
Exercício n.º 3	
Efeitos da salinidade em animal e plantas	196
Exercício n.º 4	
Efeito da salinidade na <i>Artemia Salina</i>	197
Exercício n.º 5	
O crescimento de uma população	199
Exercício n.º 6	
Medida do crescimento de uma população de paramécio	202
Exercício n.º 7	
Relações entre animais e plantas aquáticas em ambiente isolado	204
Exercício n.º 8	
Respiração e fotossíntese	207
Exercício n.º 9	
Determinação do consumo de oxigênio por hora	210
Exercício n.º 10	
A influência da temperatura e do tipo de metabolismo na respiração animal	211
Exercício n.º 11	
Distribuição geográfica da radiação solar	214
Exercício n.º 12	
Microclimas produzidos por organismos terrestres	215
Exercício n.º 13	
A vida num aquário	217
Exercício n.º 14	
A sucessão ecológica numa comunidade de laboratório	219
Exercício n.º 15	
Sucessão ecológica em uma comunidade natural	221
Exercício n.º 16	
Estudo da comunidade natural existente numa bromélia	223

Exercício n.º 17	
Estudo de uma comunidade terrestre	224
Exercício n.º 18	
Estudo de uma comunidade de água dôce	232
Exercício n.º 19	
Estudo de uma comunidade marinha	238
Exercício n.º 20	
Competição num ambiente no labo- ratório	241

Em janeiro de 1959 o American Institute of Biological Sciences, dos Estados Unidos, reconhecendo a imperiosa necessidade de elevar os padrões do ensino da biologia no grau secundário, instituiu o Biological Sciences Curriculum Study — B S C S que tem como Presidente o Dr. Bentley Glass, da Johns Hopkins University, de Baltimore, Estados Unidos e a direção do Dr. Arnold B. Grobman. Com amplos recursos fornecidos pela National Science Foundation, o B S C S está desde então, instalado na Universidade do Colorado, em Boulder, Colorado, e vem desenvolvendo uma ampla atividade, sob a orientação de uma Comissão composta de biólogos e professores universitários e secundários.

APRESENTAÇÃO

Em julho de 1960, o B S C S convocou 70 professores de biologia para uma Conferência de Redação (Writing Conference), em Boulder. O resultado foi a preparação de livros de texto manuais de laboratório e guias para professores secundários, em triplicatas, desenvolvendo-se, em cada versão, um tema central diferente. Para a "Versão Azul", o tema central foi a fisiologia e a bioquímica; para a "Versão Amarela", o desenvolvimento e a genética; e para a "Versão Verde", a ecologia e a evolução. As três versões, entretanto, cobrem o total da matéria a ser estudada no curso secundário.

Os livros assim produzidos foram experimentados, sob a supervisão do BSCS, por 105 professores e seus 14.000 alunos numa grande variedade de escolas secundárias dos Estados Unidos durante o ano letivo de 1960-61. Os professores se reuniram semanalmente, em pequenos grupos, para discutir os resultados da experiência e fizeram periodicamente relatórios sobre os cursos. Os livros foram também enviados, para crítica, à muitos biólogos, psicólogos, educadores, pais de alunos e sociedades profissionais.

Uma segunda Conferência de Redação se reuniu em Boulder, em julho de 1961 para reescrever totalmente as três Versões, levando em conta os resultados da experiência nas escolas e as opiniões expressas pelos especialistas. Uma nova edição experimental foi publicada e está sendo agora (1961-62) usada experimentalmente por 30.000 alunos, nas classes de 350 professores.

Utilizando os resultados dessa segunda experiência, três grupos de biólogos e professores, reescreveram os livros para serem publicados comercialmente durante o ano de 1963.

Para participarem da segunda Conferência de Redação foram convidados, sob os auspícios da Fundação Rockefeller, e da National Science Foundation, representantes de cinco países estrangeiros: Nigéria, Tailândia, Argentina, Colômbia e Brasil. Sua função, além de cooperar no esforço comum, era a de estudar até que ponto o material do BSCS poderia ser usado nos seus respectivos países. Os dois representantes brasileiros designados pelo IBEC — O. Frota — Pessoa e Myriam Krasilchik durante a Conferência de Redação traduziram e adaptaram todos os capítulos do texto da "Versão Verde" que tinham cunho mais nitidamente ecológico e organizaram com base nos Manuais de laboratório, exercícios de laboratório correspondentes ao texto, que compõem a presente unidade.

Este conjunto que forma esta Unidade de Ecologia servirá para uso amplo dos estudantes cujos professores quizerem dar um cunho moderno e prático ao ensino de ecologia no curso colegial.

Certo de que esta associação com as atividades do BSCS serão da maior importância para o progresso crescente do ensino da biologia, o IBEC agradece aos componentes do BSCS, à Fundação Rockefeller, à Ford Foundation e à National Science Foundation a oportunidade que teve de desenvolver o programa que permitiu a publicação desse livro. Esse agradecimento é também extensivo a todos que auxiliaram com conselhos e críticas.

Isaías Raw
I B E C C

Há muitas maneiras de iniciar um livro de biologia. Poderíamos começar, espetacularmente, com o Universo, passar para o Sistema Solar, para o nosso Planeta, até chegarmos a um charco qualquer e, então, observar a vida que aí pulula. Ou então poderíamos começar com a célula, tentar compreender como funciona, considerar como várias células se associam para formar tecidos e órgãos e como estes integram o indivíduo, seja ele animal ou planta. Em seguida discutiríamos os diferentes tipos de relações que as inúmeras espécies de seres vivos mantêm entre si.

CAP. I

O MUNDO DOS SÊRES VIVOS

Talvez uma seqüência ainda mais lógica fôsse começar pela química — átomos, elementos e moléculas — visto como os processos vitais são, em última análise, processos químicos. Dificilmente poderíamos discutir a natureza da vida sem tratar das propriedades peculiares de substâncias como o carbono, a água, o nitrogênio e outras. Mas a biologia e a química são ciências diversas e nosso interesse se focaliza, agora, na biologia portanto, deixemos, por enquanto, a química de lado, para usá-la quando necessário.

Afinal de contas, não é muito importante por onde se começa: o importante é começar. O mundo dos seres vivos é extraordinariamente complexo e não nos queremos perder, logo de início, nessa comple-

xidade. Por que não começar, então, simplesmente, com uma capivara, ou uma paca, sentada no meio do capim?

1.1 AS PACAS E O CAPIM

Uma paca comendo e roendo raízes (Fig. 1-1): superficialmente isto parece um acontecimento simples e fácil de compreender. Mas, quando tentamos analisar o fato mais a fundo, começamos a encontrar dificuldades para apreender os

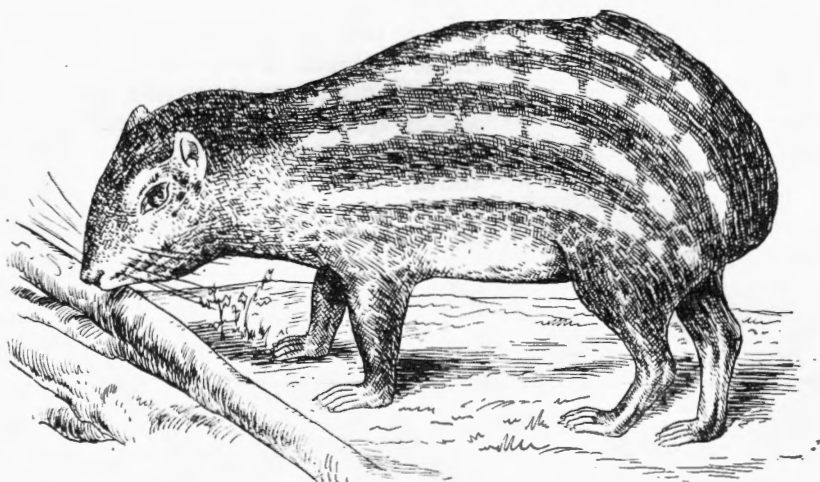


Fig. 1-1 — A paca

fatôres que influem sôbre a vida da paca e das plantas como o capim e sôbre as relações entre êles. Um é animal e outro é planta. Até aí, nada de novo: todo mundo sabe distinguir um animal de uma planta, uma paca de um pé de capim. A paca se mexe, anda e corre; o capim permanece prêso ao solo pelas raízes. As plantas têm fôlhas verdes que fabricam alimentos. Os animais consomem êsses alimentos; as plantas os produzem. Mas saberá você distinguir qualquer animal de qualquer planta? Os naturalistas nos garantem que os corais e as esponjas são animais: entretanto êles passam a vida fixos no mesmo lugar, como as plantas. Por outro lado os mixomicetos são considerados vegetais, mas se locomovem de um lado para outro.

Entre os micro-organismos há muitos sêres que se movem como os animais, e fazem fotossíntese, como as plantas, isto é, utilizam a energia da luz solar para fabricar substâncias

orgânicas, tais como o açúcar e o amido. Os zoólogos preferem considerar tais sêres como sendo animais, enquanto os botânicos os consideram vegetais. Nós podemos continuar chamando a paca de animal e o capim de vegetal, sem nos preocuparmos com o sentido exato dessas palavras, que só se tornam confusas quando aplicadas à certos grupos.

Podemos considerar as plantas como sêres *produtores*, pois elas produzem alimentos por meio da fotossíntese, usando para isso a luz do sol como fonte de energia. Todos os demais sêres vivos dependem, para viver, desse sistema de produção, pois eles são *consumidores* de alimentos. A paca é um consumidor primário, porque se alimenta diretamente de plantas verdes. As onças, que comem pacas, veados e outros produtores primários (mas não plantas) são consumidores secundários.

Os sêres vivos formam uma intrincada rede de relações nutritivas. Os vegetarianos (consumidores primários) são comidos pelos carnívoros (consumidores secundários) e estes se comem uns aos outros. As onças, as corujas e gaviões, as cobras e as lagartixas — e o próprio homem — comem carnívoros ou erbívoros e se beneficiam assim, indiretamente, com o trabalho de síntese de alimentos executado pelas plantas clorofiladas. E há também os consumidores secundários de tamanho pequeno, como as pulgas e os mosquitos que sugam a paca e os vermes que vivem em seu intestino. Completando essa cadeia de relações nutritivas, os *decompositores* (principalmente bactérias) estão sempre prontos para transformar os cadáveres de plantas ou animais em substâncias mais simples.

1.2 O EQUILÍBRIO NA NATUREZA

Equilíbrio lembra permanência, manutenção de uma mesma situação; e, no entanto, vemos o mundo dos sêres vivos alterando-se constantemente em torno de nós. O número de insetos aumenta no verão; cada planta dá flôres e frutos em determinados meses. De ano para ano pode aumentar ou diminuir a população de certas espécies. E se consideramos a história da Terra através de milhões de anos — através dos períodos geológicos — concluímos que certas espécies se extinguem enquanto outras surgem; por exemplo, os dinossauros e os répteis voadores da era Mesozóica foram sucedidos pelos mamíferos e aves de hoje. Onde está o “equilíbrio da natureza”?

Este é um dos aparentes paradoxos que ocorrem na biologia. Nossas afirmações são freqüentemente unilaterais:

salientam apenas um aspecto da realidade. Se a consideramos de outro ponto de vista, podemos ser levados a afirmar exatamente o contrário com igual entusiasmo. Se não fôsse assim, seria difícil estudar e descrever a natureza. Portanto, não faz mal que nossas conclusões comportem exceções, ou sejam válidas apenas em certas condições ou sob certos aspectos. O importante é dar-lhes apenas o valor que merecem.

Tomemos, como exemplo, um de seus colegas. Ele lhe parece "equilibrado", isto é, no corpo dêle, os músculos, o cérebro, o estômago, os pulmões, trabalham coordenadamente. As diversas funções do corpo cooperam e se completam, de modo que, de um dia para outro, seu colega parece o mesmo sistema biológico em equilíbrio. E no entanto ocorrem nêle mudanças nítidas ao longo do dia, quando repousa ou trabalha, come ou dorme. Considere a respiração: sentado na carteira, você provavelmente respira de 14 a 17 vezes por minuto, mas jogando bola o ritmo respiratório se acelera consideravelmente e durante o sono se atenua. Ao longo de períodos maiores, as transformações são mais acentuadas, como se nota do nascimento até a infância e durante a puberdade e no envelhecimento. Também, em cada ocasião o estado de saúde individual está em equilíbrio, mas, ao longo do tempo, flutua consideravelmente.

Do mesmo modo, o "equilíbrio da natureza" existe, em cada momento; mas se altera com o tempo, quer consideremos períodos pequenos ou grandes. Cada parte de um sistema natural está integrado harmoniosamente no conjunto, sofre variações que determinam reajustamentos. Em resumo, o equilíbrio da natureza é instável. Mas a tendência natural é para o equilíbrio, embora um equilíbrio perfeito nunca seja atingido. Ao longo de nosso estudo teremos muitas oportunidades de verificar êsse princípio biológico geral.

1.3 ENERGIA

Quer no plano individual, quer no dos seres vivos em conjunto, tanto a manutenção do equilíbrio como sua alteração dependem de um fluxo de *energia* e de *matéria*. As vias seguidas por êsse fluxo são, por vezes, extremamente complicadas.

1.3.1 Que é energia?

Substituamos a idéia da paca roendo raízes por outras imagens: vacas pastando, um caramujo que você tenha trazido de uma excursão, ou mesmo um caracol de jardim, roendo

pacatamente uma folha de alface, cupins comendo a madeira de uma velha casa. A imagem se dilata, em cada caso. Varejeiras sugam as orelhas da vaca e carrapatos o seu lombo; gafanhotos saltam para não serem abocanhados com o capim, porque eles também comem folhas e vivem no meio delas; anús voam por cima da boiada e pousam nos animais para catar-lhes os carrapatos; besouros se escondem no estrume. Partindo de qualquer outro exemplo é fácil descobrir os elos de inúmeras interrelações.

Por onde começar a análise da teia da vida? Vamos tomar a energia. Veja quanta *atividade* ocorre nos acontecimentos que comentamos. O coração da paca bate constantemente, o capim cresce, o caramujo roi, os gafanhotos saltam. Ora, atividade resulta sempre de energia. Onde quer que alguma coisa aconteça, sempre ocorre transformação de energia. Há muito tempo os físicos concluíram que "a energia nunca é criada ou destruída". Você, de certo, já ouviu falar nisso. Talvez saiba, mesmo, que os físicos modernos dilataram este princípio fundamental, para incluir as transformações de matéria em energia e vice-versa. Mas isso só se aplica na escala atômica e não nos interessa agora. O fato é que, sempre que observamos alguma atividade, podemos indagar: De onde provém a energia?

1.3.2 De onde provém a energia?

Como você consegue energia? Quando você era criança lhe diziam: "Coma bem para crescer e ter energia para brincar e estudar." Mais adiante vamos tratar da importância da nutrição para o crescimento, mas por enquanto tratemos apenas dos alimentos como fonte de energia. Se é verdade que os alimentos contêm energia, que usamos para andar e falar, para manter a temperatura do nosso corpo mais elevada do que a do ambiente, para executar os movimentos respiratórios e bombear o sangue através das artérias, então podemos dizer que consumimos alimentos para obter energia. Na teia da vida somos *consumidores*.

É preciso um pouco de imaginação para "ver" energia numa batata que comemos. Precisamos, para isso, ampliar o nosso conceito de energia. Se você já sabe bem o que os físicos entendem por energia, ótimo. Se não, não se preocupe. Precisamos apenas salientar que não é só quando há atividade que existe energia. Energia pode estar presente onde existe apenas atividade *em potencial*, isto é, quando há *possibilidade* de atividade. Quando um automóvel corre, há atividade, por-

tanto há energia. A gasolina que está no tanque do carro não é ativa, mas é dela que a atividade do carro deriva. Portanto dizemos que a gasolina *contém* energia, e chamamos este tipo de *energia potencial*: a *capacidade* de produzir atividade. Quando uma substância — como a gasolina ou o amido da batata — é capaz de produzir atividade ao sofrer uma reação química, dizemos que ela contém energia química, que é uma forma de energia potencial. Nossos alimentos contêm, portanto, energia química que, em nosso organismo, se converte em atividade.

Mas agora, de onde vem a energia química existente nos alimentos? Se a energia nunca é criada a partir do nada, ela tem de provir de alguma coisa. A pergunta nos leva para um outro lado na trama da vida. Suponhamos que você come um bife. Ele é feito de carne, a qual, antes, era vaca. Matando e comendo a vaca estamos “roubando” energia dela. Mas de onde a vaca tirou sua energia? De alimentos que já continham energia, pois o corpo dela, como o nosso, é incapaz de obter energia de outra maneira. Todos os animais — a vaca, a paca, o homem — são consumidores.

As vacas, porém diferem de nós e das onças porque não comem outros animais: só comem plantas. Portanto, como a paca, ela é um consumidor primário enquanto a onça é um consumidor secundário, tal como nós, quando comemos carne. Que importância tem essa distinção para a busca que estamos empreendendo sobre as origens da energia? É que o capim comido pela vaca não come, por sua vez, outros seres vivos. Na verdade, ele não “come” nada, e nem absorve do exterior nenhum alimento que contenha energia. De onde vem, então, a energia das plantas verdes? Da luz.

Pode parecer estranho que a luz seja uma forma de energia, porque normalmente não percebemos luz produzindo atividade. No laboratório de física talvez você veja um dia dêsses uma célula foto-elétrica produzir uma corrente elétrica quando iluminada (e a eletricidade, é claro, pode produzir movimento). Seja como for a luz é a fonte de energia das plantas verdes; e o sol é a fonte de luz. (As plantas também podem aproveitar a energia de uma lâmpada elétrica, mas mesmo neste caso a energia se origina, primariamente, do sol; você sabe por que?).

Agora, de certo você vai perguntar de onde vem a energia que o sol possui. É uma boa pergunta e, sem dúvida, seu professor de física gostará de respondê-la. Quanto a nós, para-mos por aqui. Não há limites para a investigação científica, mas não devemos atacar todos os problemas de uma vez.

1.3.3 Como as plantas captam a luz?

É bom lembrar que os raios solares não são apenas formados de luz. Só chamamos de luz a energia radiante que nossos olhos percebem. Acontece que as plantas verdes só captam da energia solar a parte que corresponde à energia luminosa. Não captam, por exemplo, a energia calorífica do sol.

Nenhum animal é capaz de captar diretamente a energia luminosa. Só as plantas verdes o fazem. São elas que põem a energia da luz do sol à disposição de todos os seres vivos. Por isso é que as denominamos de *produtores*. De certo modo, este nome é impróprio, pois já vimos que ninguém *produz* ou fabrica energia. O que as plantas verdes fazem é captar a energia do sol e transformá-la na energia química que os alimentos contêm. O nome "produtores" se refere a isso: elas são produtoras de energia química. (Do mesmo modo dizemos que uma usina *produz* eletricidade quando, na verdade ela transforma a energia da queda d'água em energia elétrica).

As plantas verdes transformam energia luminosa em energia química por um processo que ainda não está totalmente desvendado, embora já se saiba muita coisa sobre ele. O processo se chama *fotosíntese*. Por enquanto, digamos, apenas, que, por meio da *fotosíntese*, a planta combina a água, que lhe vem do solo, com o gás carbônico, que lhe vem do ar, para formar substâncias orgânicas, nas quais a energia do sol fica armazenada. A glicose, o açúcar comum, sacarose e o amido são algumas dessas substâncias. O interessante é que, uma vez captada a energia luz, ela pode passar de uma substância química para outra, pode ser usada de múltiplas maneiras pelas células da planta, inclusive para novas sínteses de substâncias ainda mais complicadas; e pode ser transferida para outros seres vivos sob a forma de alimentos.

É tão grande a diversidade dos seres vivos que se torna difícil fazer afirmações que se apliquem a todos eles. Por exemplo, há certas bactérias que são capazes de captar energia por um método diferente. Mas sua significação, na trama da vida, é desprezível.

Insistimos, várias vezes em dizer que as plantas *verdes* fazem *fotosíntese*. Porque a *fotosíntese* só se processa em presença da clorofila. Certas plantas, como o cipó-chumbo e os cogumelos, não possuem clorofila e, portanto, são incapazes de fazer *fotosíntese*. São consumidores, como os animais. Por outro lado, certas folhagens usadas em jardins são avermelhadas, mas contêm clorofila e fazem *fotosíntese*. Não nos parecem verdes porque contêm outros pigmentos que mascaram a cor da clorofila.

Compreendemos agora o papel que a energia representa na natureza viva. Os produtores são os seres que fazem fotossíntese. Todos os demais são consumidores, primários ou secundários. O capim capta a energia da luz e a guarda nas substâncias orgânicas que formam seu corpo. A vaca come o capim e você come a vaca. Assim a energia vai passando adiante, isto é, parte dela. De fato, o capim tem suas próprias atividades e cresce; portanto, uma parte da energia captada é usada pelo próprio capim e não chega até a vaca, mesmo que ela comesse a planta inteira. Do mesmo modo a vaca tem suas próprias atividades e para realizá-las usa boa parte da energia que recebeu como alimento. No fim, a energia que uma vaca inteira, dividida em bifes, fornece ao homem é apenas uma fração de energia que ela obteve do capim

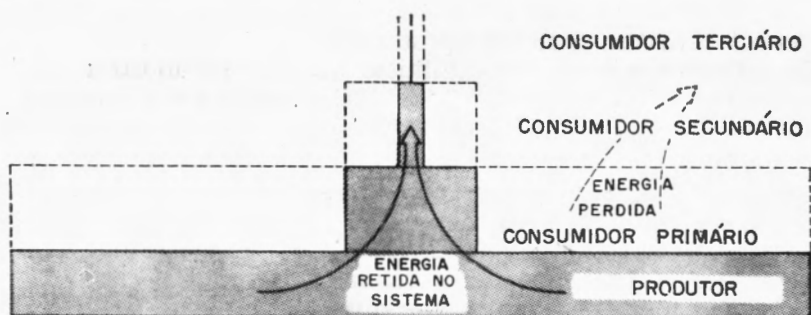


Fig. 1-2 — Uma pirâmide de energia. As partes cinzas indicam a energia total disponível desde o produtor até o consumidor de 1.ª, 2.ª, e 3.ª ordens. As linhas pontilhadas indicam o total de energia perdida.

Há ainda outros caminhos que a energia pode seguir. Quando qualquer organismo morre, outros seres vivos podem usar as substâncias que formam seu cadáver, como fonte de energia. Fungos e bactérias são especialistas nisso e merecem o nome de *decompositores*.

Finalmente, que acontece com a energia depois de utilizada pelos seres vivos? Para onde vai? Vimos como a energia do sol penetra no mundo vivo. Os seres vivos “perdem” energia na medida em que a utilizam para realizar trabalho. Os seres vivos a perdem, isto é, ficam sem ela, mas a energia não se perde. Pode-se provar que toda a energia usada pelos seres vivos acaba por se transformar em calor. Como a energia só penetra no mundo vivo sob forma de luz e há pouca probabilidade de que calor se transforme em luz, na natureza, conclui-se que a energia *atravessa* o mundo vivo e mergulha de novo no mundo físico de onde proveio, para não mais retornar aos seres vivos.

1.4 MATÉRIA

Os sêres vivos obtêm energia do sol, mas a matéria lhes vem da Terra. Eles são compostos dos mesmos elementos químicos que constituem o resto do universo. Vejamos que elementos são êsses.

As diferenças entre o ar, a água e a terra — três importantes componentes do nosso ambiente — chamaram a atenção do homem desde a Antiguidade. Com o desenvolver da ciência, tornou-se claro que essas três coisas não são tão distintas como pareciam. A água se evapora e passa a fazer parte do ar. substâncias sólidas das rochas se dissolvem na água das torrentes; e, no solo, existe ar, água e terra. Todavia, ainda hoje é conveniente considerar o mundo formado de atmosfera, água e terra (a parte sólida). Você já sabe que tôdas as coisas do mundo são feitas de substâncias que resul-

COMPOSIÇÃO DO CORPO DOS SÊRES VIVOS

Elemento	Símbolo	Composição percentual do corpo dos organismos	
		Só a parte viva	Total
Oxigênio	O	76,00	63,00
Carbono	C	10,50	20,00
Hidrogênio	H	10,00	10,00
Nitrogênio	N	2,25	2,25
Cálcio	Ca	0,02	2,50
Fósforo	P	0,30	1,14
Enxofre	S	0,20	0,14
Potássio	K	0,30	0,11
Cloro	Cl	0,10	0,10
Fluor	F	Traços	0,10
Sódio	Na	0,05	0,10
Magnésio	Mg	0,02	0,07
Ferro	Fe	0,10	0,01
Cobre	Cu	Traços	Traços
Cobalto	Co	Traços	Traços
Zinco	Zn	Traços	Traços
Silício	Si	Traços	Traços
Manganês	Mn	Traços	Traços

tam da combinação de 92 elementos naturais (os físicos já conseguiram produzir vários artificialmente). O curioso é que a maioria dêsses elementos tem pouca ou nenhuma importância no corpo dos sêres vivos; e os que são importantes aí, em proporções muito diversas daquelas em que existem no mundo inanimado. Isto significa que os sêres vivos “selecio-

nam" certos materiais, dentre muitos que existem no ambiente físico, para com eles construir seu corpo. Na tabela abaixo figuram os elementos que desempenham algum papel nas atividades da matéria viva (ou protoplasma).

Nota: Com poucas exceções, êsses elementos ocorrem apenas como integrantes de substâncias compostas, no corpo dos seres vivos. Na coluna "Total" se levam em conta componentes inertes do corpo, tais como os minerais dos ossos.

Descrevemos acima o fluxo da energia através de diferentes componentes da comunidade viva. Vamos agora seguir o fluxo de algumas substâncias, e compreenderemos melhor certas relações entre produtores, consumidores e decompositores. Ao contrário do que acontece com a energia, êsses materiais circulam, passando do ambiente físico para os organismos e dêstes para o ambiente.

1.4.1 Ciclos da matéria: a água

A vida não pode existir sem água. Existe água, sob forma de vapor, na atmosfera. Em certas circunstâncias êsse vapor se condensa formando água ou gelo, que cai como chuva ou neve, nos oceanos ou nos continentes. A água que cai na terra corre para os lugares mais baixos, formando torrentes, lagos, correntes subterrâneas e rios, até que atinge os oceanos. Daí, e da superfície dos continentes, a água se evapora, voltando à atmosfera.

A água pode entrar no corpo de qualquer organismo; mas focalizemos nossa atenção especialmente nas plantas terrestres, que a retiram do solo por meio das raízes. A água assim absorvida serve para transportar através do corpo da planta várias substâncias minerais. A parte que chega às folhas é usada, como vimos, para a fotossíntese. Os elementos que constituem a água — hidrogênio e oxigênio — passam, assim às substâncias orgânicas que resultam dela, podem passar para os consumidores e voltar a produzir água, quando se decompõem para fornecerem energia.

Os animais e plantas terrestres também perdem água diretamente para a atmosfera, pela transpiração e, no caso dos animais, pela evaporação dos pulmões (o ar expirado sai saturado de vapor d'água) e pelos rins. Assim, mais cedo ou mais tarde, tôda a água que as raízes das plantas tirarem do solo, ou que os animais beberam, acaba por voltar à atmosfera.

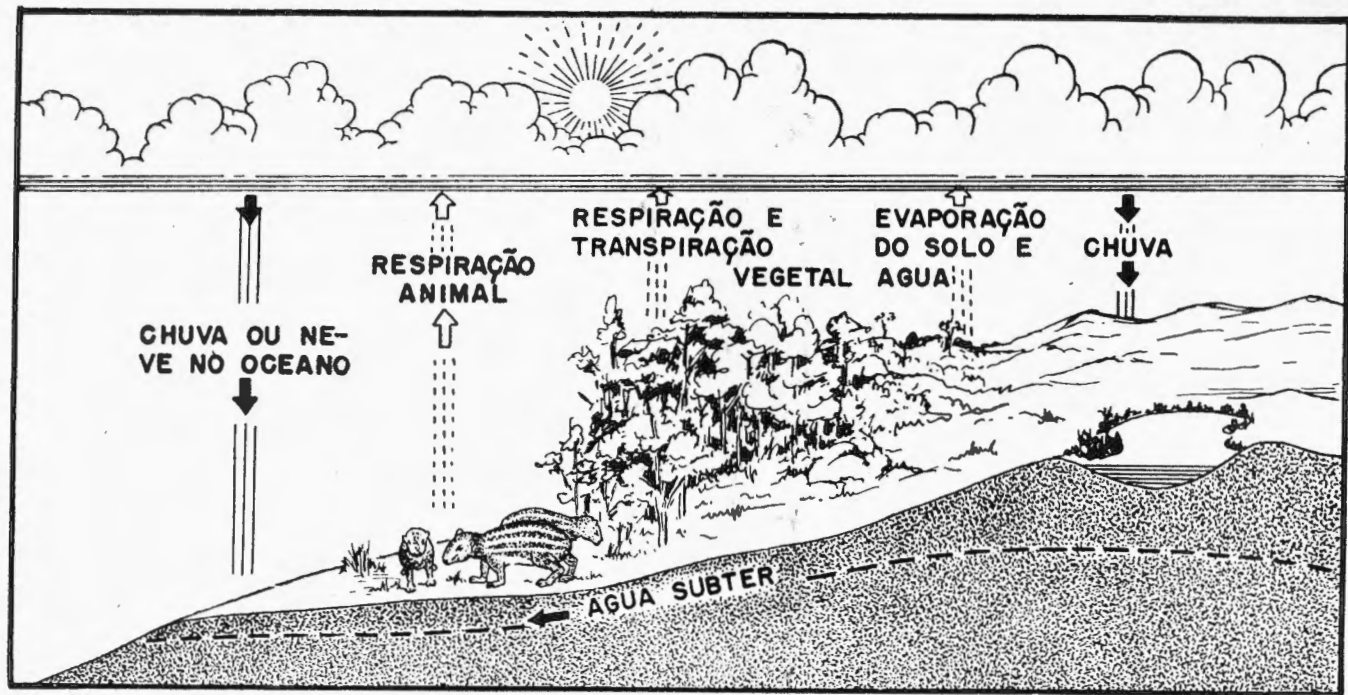


Fig. 1-3 — Ciclo da água

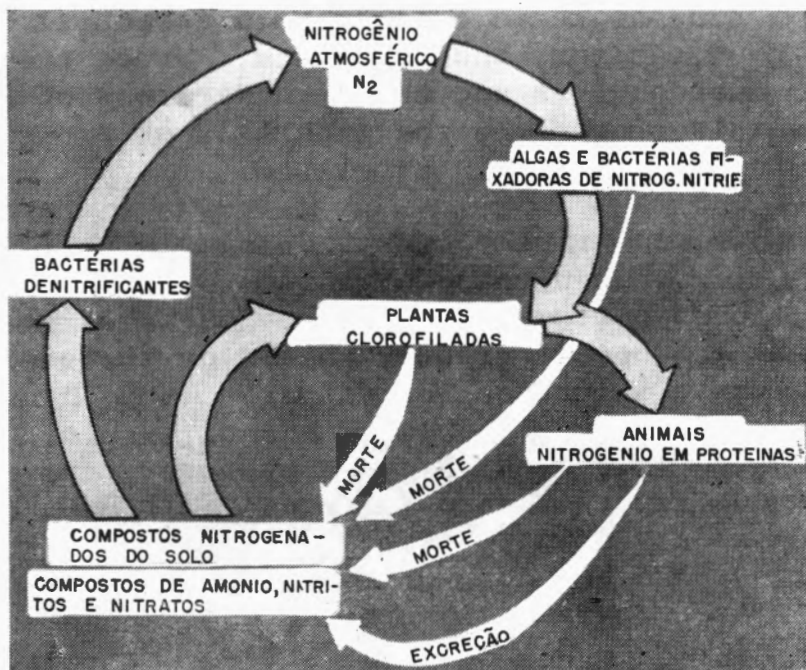


Fig. 1-4 — Ciclo do nitrogênio

1.4.2 O Ciclo do nitrogênio

O ciclo do nitrogênio, compreende algumas etapas complicadas, de modo que só vamos examiná-lo por alto. O nitrogênio da atmosfera entra no corpo dos animais e plantas, mas não é utilizado. Cada vez que você respira, entra uma boa quantidade de nitrogênio em seu aparelho respiratório, mas torna a sair com a expiração (ao contrário do oxigênio que entra para o sangue e vai às células). Só algumas bactérias e algas azuis são capazes de converter o nitrogênio gasoso, da atmosfera, em nitratos, que são usados por outros organismos. As plantas utilizam o nitrogênio que absorvem do solo, sob a forma de nitratos, para sintetizar suas proteínas. Os consumidores primários obtêm nitrogênio comendo as proteínas vegetais e os consumidores secundários, comendo carne.

Tanto os produtores como os consumidores acabam por morrer, e então, seu corpo é atacado por um conjunto de decompositores, que decompõe a matéria orgânica. Isto é feito através de uma série de etapas que requerem a inter-

venção de diferentes bactérias. No fim, o nitrogênio das proteínas fica fazendo parte de amônia e outros produtos minerais nitrogenados. Alguns destes produtos são, de novo, usados pelas plantas e o ciclo continua através da cadeia de seres vivos. Entretanto, alguns dos compostos nitrogenados mais simples são atacados por certas bactérias que deles retiram ainda um pouquinho de energia e devolvem o nitrogênio, sob forma de gás, à atmosfera (Figura 1-4).

1.4.3 O ciclo do cálcio

Vários outros minerais, que não ocorrem na atmosfera, e sim no solo, também passam por ciclos dentro dos organismos. Por exemplo, os sais de cálcio, sódio e potássio das rochas são dissolvidos pela água das chuvas e são levados para os rios e oceanos. Aí, são usados por animais para a formação de esqueletos, como os ossos dos peixes, as conchas dos molus-

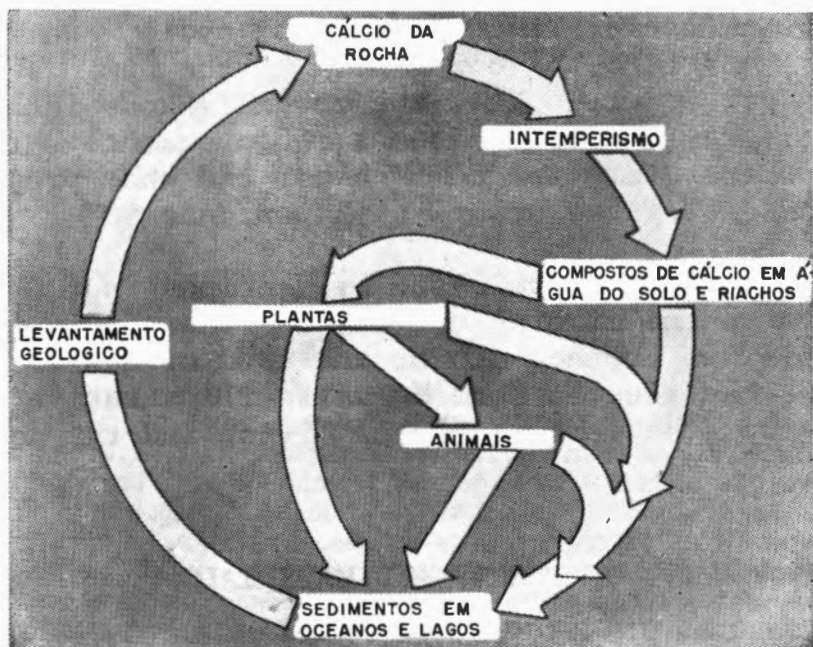


Fig. 1-5 — Ciclo do cálcio

cos, as carapaças dos foraminíferos e os envoltórios dos corais. Esses esqueletos acabam por depositar-se no fundo e, muito tempo depois podem vir constituir rochas calcáreas continentais, se ocorrer uma elevação do terreno. Estas, por sua

vez, começam a ser dissolvidas pela água das chuvas, e o ciclo recomeça.

Há também atalhos laterais nesse ciclo. As plantas tiram sais de cálcio do solo e o integram à seu protoplasma. Daí o cálcio pode seguir para o corpo de algum consumidor, ou a planta pode simplesmente morrer e os decompositores libertarem o cálcio, que volta ao solo em compostos minerais. Ou o cálcio pode passar dos consumidores primários para os secundários. Quando eles morrem, os decompositores tomam conta deles. De qualquer modo, finalmente os minerais voltam ao solo e continuam sua viagem para os oceanos. A mesma história se aplica a qualquer elemento, que consta da tabela que apresentamos, com exceção do carbono, oxigênio, hidrogênio e nitrogênio.

Um aspecto importante dessas relações é que os organismos podem concentrar certos elementos em seu corpo. Há plantas que captam determinados minerais do solo e os acumulam em suas células, para uso futuro. O resultado é que o mineral fica em concentração muito maior na planta de que no solo. Se o mineral em questão é radioativo, como os que resultaram de explosões de bombas atômicas ou derivam dos resíduos dos reatores, as conseqüências podem ser sérias para nós. Quantidades diminutas desses materiais radioativos podem existir no ambiente físico sem nos causar nenhum mal. Mas, quando são concentrados em plantas ou animais que comemos, podem tornar-se perigosos.

1.5 ALIMENTOS

Vimos como a energia e a matéria fluem dos produtores para os consumidores, e de ambos para os decompositores. Vamos agora examinar alguns aspectos das relações entre “os que comem” e “os que são comidos”. Estudando uma parte limitada da trama da vida, ou um único atalho por onde flui a energia, pode-se ver claramente o que significa uma *cadeia alimentar*. Por exemplo, a paca come capim, grãos ou raízes e a onça come a paca. Esta pode ser esquematizada assim: capim → paca → onça. Mas as relações raramente são tão simples assim.

A figura 1-6 mostra relações um pouco mais completas, mas ainda simplificadas. Nela se notam vários tipos de plantas que servem de alimento para diferentes consumidores primários (erbívoros).

Em geral, os animais têm preferências alimentares, embora muitos erbívoros possam comer vários tipos de plantas.

Quando um tipo rareia, êles podem manter-se com outro. As preferências alimentares dos carnívoros dependem do tamanho da presa, da facilidade de captura e também de suas tendências instintivas. Lembremos que um predador pode dispendir, correndo para capturar a presa, maior quantidade de energia do que recebe ao comê-la. Imagine se o leão tivesse de se sustentar de camundongos, ou se nós fôssemos compelidos a comer formigas que tivéssemos de catar nos campos uma a uma. Quando os roedores do mato são abundantes, certas corujas se alimentam quase que só dêles; mas quando rareiam, elas passam a comer filhotes de passarinhos, peregras e outros pequenos animais. Um crescimento da população de roedores é logo controlada por uma série de predadores que passam a comê-los, já que os encontram facilmente.

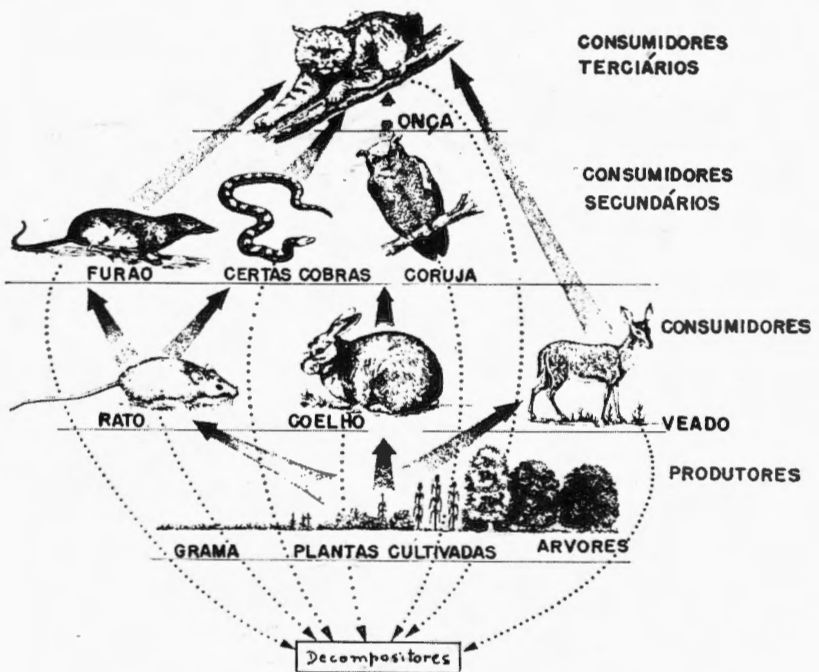


Fig. 1-6 — Uma rede alimentar

Voltamos assim ao nosso conceito de “equilíbrio da natureza”: um equilíbrio que não é estático e fixo, e sim flexível e instável.

1.6 A BIOSFERA

A paca e o capim nos levaram a desbravar o mundo vivo que se esparrama pela superfície do nosso planeta. Como êle se localiza essencialmente entre a litosfera sólida e a atmosfera que a envolve, foi denominado *biosfera*. Examinamos

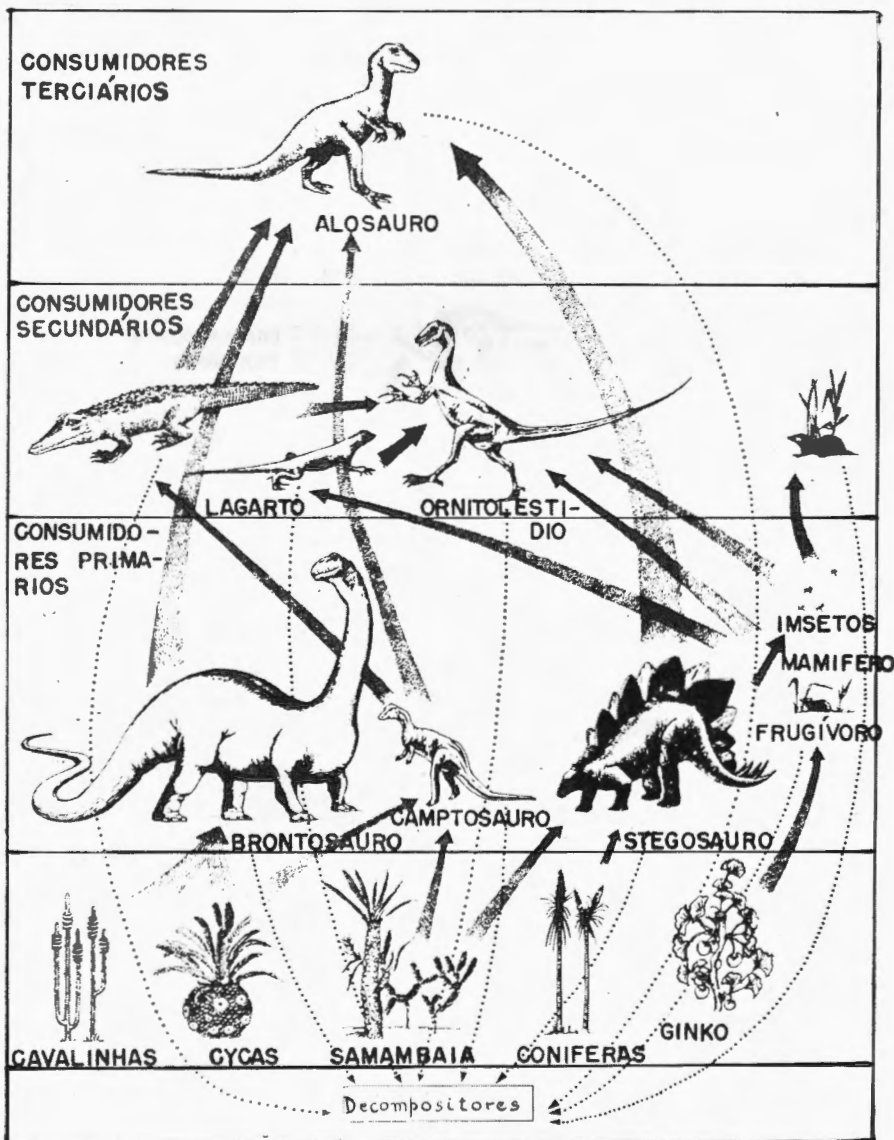


Fig. 1-7 — Uma possível teia alimentar na época dos dinossauros

como a energia é transferida, na biosfera, de produtores para consumidores e para decompositores; e nos referimos por alto ao ciclo da matéria, usando como exemplos a água, o nitrogênio e o cálcio. As transferências se processam através das cadeias alimentares, que não são, todavia, rígidas e imutáveis. O resultado é uma certa estabilidade, a qual é mantida através de mudanças constantes e às vezes diminutas.

A biosfera tem certa continuidade no espaço, pois todos os seus componentes se relacionam direta ou indiretamente. Podemos, assim, considerá-la como uma unidade, um sistema único. No entanto, ela é composta de muitas partes que funcionam de maneiras diversas: pacas, plantas, micróbios, peixes, pessoas. Consideramos o aparente paradoxo do equilíbrio mantido através de mudanças; temos agora o paradoxo da unidade mantida através da diversidade das partes.

Há ainda o problema dos pontos de vista. Podíamos contemplar o mundo do ponto de vista do artista, interessado na beleza de suas formas; do filósofo, que tenta descobrir o sentido das coisas; do engenheiro, que trata de alterá-lo de acôrdo com os nossos interesses. Nós contemplamos o mundo do ponto de vista da ciência. As diferenças entre artistas, filósofos, engenheiros e cientistas não são irreconciliáveis, mas são importantes. Do ponto de vista científico, procuramos entender como o mundo funciona, usando, para isso, métodos especiais de pesquisa, que se baseiam em observações e experimentos precisos que podem ser repetidos e confirmados. Partindo dêles, a ciência desenvolve idéias gerais e teorias.

A ciência progride aos poucos. Cada geração acrescenta sua contribuição ao conhecimento adquirido anteriormente. Com o correr do tempo, os novos conhecimentos obrigam os cientistas a abandonar certas idéias e teorias e construir outras que estejam em melhor acôrdo com os fatos. Nossas concepções sôbre a biosfera são bem diferentes das que tinham os expoentes da ciência há um ou dois séculos atrás; e, sem dúvida, daqui a cem anos novos conceitos substituirão alguns que hoje consideramos certos. Em ciência não há verdade absoluta: consideramos como verdadeiras as idéias e teorias que explicam bem os fatos conhecidos num determinado momento e nos permitem prever o que acontece dentro de determinadas condições.

SUMÁRIO

Um biologista por qualquer prisma que encare a biosfera tem uma primeira impressão de complexidade insuperável. Entretanto, esforços de milhares de cientistas através dos séculos, esclareceram as linhas gerais da sua organização. Desse modo a complexidade se revela fundamentalmente simples.

O sistema funciona usando a energia proveniente do sol. Ela percorre vários caminhos nos seres vivos, vai diminuindo gradualmente e finalmente se perde.

A matéria que forma os seres vivos é proveniente da terra e pode vir a fazer parte de vários seres em épocas diferentes. A matéria percorre portanto ciclos na biosfera.

A captura da energia é feita pelos seres que realizam fotossíntese — os “produtores”. Depois desse passo inicial a energia, assim como a matéria passa de um ser a outro pelo alimento, através de “teias alimentares”. Este sistema encarado como um todo é chamado de biosfera.

Questões:

Questões:

- 1 — Quais são algumas das dificuldades para agrupar os seres vivos em animais ou vegetais?
- 2 — Que características possuem os organismos que nos permite chamá-los de produtores?
- 3 — Explique o significado de uma pirâmide de energia.
- 4 — Como podemos relacionar a energia obtida do carvão e petróleo às atividades dos organismos produtores.
- 5 — Que acontece ao “equilíbrio da natureza” em um charco se de repente a quantidade de um tipo de organismo aumenta muito? As mudanças serão permanentes? Fará alguma diferença se o organismo que aumenta é uma alga ou um peixe?

Passamos das pacas para a energia solar, a fotossíntese e o ciclo do nitrogênio; do animal e da planta individuais, passamos para a biosfera, para os sistemas de energia e para as trocas de substâncias que ocorrem na natureza.

CAP. II

INDIVÍDUOS, POPULAÇÕES E COMUNIDADES

Os animais — consumidores — claramente não podem passar sem ter o que consumir; nem os decompositores sem o que decompor. E os produtores? Eles estão na base da pirâmide alimentar e dependem, primariamente, apenas de substâncias do mundo físico — água, minerais, gás carbônico — e da energia do sol. Mas o capim, assim como qualquer outra planta, também depende de certos seres vivos, por exemplo, das bactérias que fixam o nitrogênio do ar e tornam o solo rico em nitratos. O solo fértil é, na verdade, o resultado de uma longa história: a história da ação de inúmeros seres vivos — desde as bactérias, minhocas e do homem — sobre as rochas iniciais. O capim, com suas raízes enterradas no solo, está interagindo com muitos seres vivos, dos quais depende.

Muitas plantas produzem flores que atraem insetos, com seu néctar, e estes as polinizam. As plantas vivem presas ao solo, e no entanto, para que espécies vegetais persistam elas precisam dispersar seus descen-

dentes por grandes áreas. O capim depende do vento para disseminar seus frutinhas. O carrapicho forma frutos que grudam no pêlo dos animais (e na nossa roupa) e caem no solo em lugares distantes. Muitas sementes que os passarinhos comem passam incólumes por seu tubo digestivo e são depositadas com as fezes em lugares distantes, onde germinam. Os animais precisam das plantas, mas as plantas em muitos casos, também precisam dos animais.

Já falamos muito da complexidade da natureza. Como devemos fazer para analisá-la? Quais as peças que se articulam para formar o conjunto?

2.2 O INDIVÍDUO

A vida se passa em pacotes, uma multidão de pacotes separados, que são os indivíduos. Eles são, quase sempre, unidades distintas, que reconhecemos facilmente: *uma* paca, *uma* bactéria, *uma* árvore. Às vezes os indivíduos vivem tão intimamente ligados que parecem, à primeira vista, um indivíduo só. Uma água-viva, por exemplo, parece um pacote só, mas é formada por muitos filamentos — cada qual um indivíduo — todos prêsos a uma bóia transparente, cheia de ar, que permite a esta *colônia de indivíduos* boiar ao sabor das ondas. Há outros exemplos de colônias, como as de coral; e no caso dos vírus-proteína o próprio conceito de indivíduo deixa de ter sentido.

Na vida comum temos pouca dificuldade em distinguir os indivíduos. Através do tempo, naturalmente, há uma continuidade: os indivíduos nascem uns dos outros. Podemos cortar um galhinho de um gerânio e plantá-lo: o galho se torna um novo indivíduo. Vários seres vivos se reproduzem assim, assexuadamente. Mas, na maioria dos casos a reprodução é sexuada: o novo indivíduo se forma pela união de duas células reprodutoras, provenientes de dois indivíduos ou às vezes de um só.

2.3 POPULAÇÕES E SUAS PROPRIEDADES

Qualquer pessoa distingue, no mundo vivo, vários tipos de seres: homens, pacas, laranjeiras, gerânios. Indivíduos do mesmo tipo formam populações. Ao definirmos uma população precisamos citar o tipo de indivíduos que a formam e limitá-la no espaço e no tempo. Falaremos da população de pardais, no Rio de Janeiro, em 1940, ou da população de escolares de Piracicaba, em 1961; ou tentaremos fazer uma

estimativa da população de índios do Brasil, ao tempo de descoberta. Sempre lidamos com o tipo de organismo, o lugar e o tempo.

2.3.1 *Densidade*

Se dividirmos o número de indivíduos que constituem uma população pela área que ocupam, achamos a densidade da população. A densidade da população humana do Estado de São Paulo era, em 1960, de 52,34 habitantes por quilômetro quadrado. De fato, obtêm-se este número dividindo a população do Estado, que era de 12.974.699 habitantes, segundo censo de 1960, por sua área (247.898 km²). A densidade da população do Estado do Amazonas era, no mesmo período, de 0,46 habitantes por quilômetro quadrado. Naturalmente isso não quer dizer que em cada Km² do estado do Amazonas existiam exatamente esse número de pessoas. A densidade é apenas uma média. Certas áreas do Estado são mais povoadas que outras.

2.3.2 *Taxas*

A densidade é um número relativo, isto é, é um valor tomado em relação a outro (número de habitantes tomado em relação à área por eles ocupada). Outros números relativos usados na caracterização das populações são as taxas de natalidade e mortalidade. Podemos, por exemplo, contar quantos indivíduos nascem numa população durante um ano e exprimir a taxa de natalidade mensal, dividindo o número encontrado por 12. O mesmo se pode fazer com a mortalidade. Numa população de animais jovens a taxa de mortalidade é pequena; numa população de animais velhos ela é alta. A taxa de mortalidade na população das escolas secundárias é muito menor do que na população formada pelos indivíduos aposentados do serviço público.

A escolha da unidade de tempo, em relação a qual se exprime uma taxa, é importante. Por exemplo, a taxa anual de natalidade de uma população de insetos, não indica como a natalidade varia com as estações do ano. Em compensação, ela é mais adequada para revelar os efeitos de uma campanha de dedetização mantida por vários anos. Ao contrário, se em nosso estudo, o que interessa é a influência das variações de temperatura e umidade na densidade de uma população, devemos usar a taxa mensal. Foi o que fez por exemplo, C. Pavan, da Universidade de São Paulo, ao estudar as flutuações da densidade da população de drosófilas de

certas espécies ao longo das estações do ano, numa zona de campo cerrado perto de Pirassununga (São Paulo).

A capacidade de dispersão é outra característica importante das populações. Você certamente já viu como os frutinhos de certas compostas (dente-de-leão ou amor-de-homem) são levados pelo vento, graças à coroa de fios que formam como que um paraquedas. Isso certamente contribui muito para essa planta conquistar todos os terrenos disponíveis que apresentem condições ambientais apropriadas, alargando assim sua área de dispersão. A capacidade de dispersão da população humana de origem européia é patente ao longo de toda nossa história colonial e ainda se observa hoje na "marcha para o oeste", de que a construção de Brasília é o episódio mais marcante.

Considerando-se uma área determinada, a dispersão pode significar saída de indivíduos (emigração), ou entrada de indivíduos (imigração). Seu efeito sobre a densidade depende do equilíbrio entre essas duas tendências. Por exemplo, no Brasil, tem havido um aumento de densidade das populações das grandes cidades e uma diminuição de densidade das populações do interior.

As taxas de natalidade e de mortalidade agem em sentido contrário sobre a densidade, do mesmo modo que os movimentos de imigração e de emigração. Essas quatro variáveis têm de ser investigadas pelo ecologista que queira adquirir uma noção precisa sobre as características da população que está estudando. Cabe a ele indagar: que fatores têm influência sobre essas taxas? A determinação desses fatores permite fazer previsões sobre o crescimento ou decréscimo da população nos anos vindouros. Fazer previsões é um objetivo importante dos cientistas, não só por causa das aplicações práticas que daí podem resultar, como também porque previsões contribuem, quando confirmadas, para aumentar nossa confiança na teoria em que se baseia e, quando desmentidas pelos fatos, para mostrar que a teoria não está correta, e outra hipótese tem de ser levantada.

2.3.3 *Alimento e espaço: alguns experimentos*

A influência da abundância de alimentos e da área disponível sobre a densidade de uma população, foi estudada por meio de experimentos muito interessantes, pelo Dr. John Emlen, da Universidade de Wisconsin (E. U. A.), e seus estudantes (Fig. 2-1). Eles aproveitaram alguns velhos edifícios que albergavam uma colônia de camundongos como sede da



Fig. 2-1 — A) Experiência de John Emlen —; os ratos foram confinados à uma região e impedidos de se dispersarem. Quando o alimento começou a faltar a natalidade diminuiu. B) Experiência de Wisconsin. C) Experiência feita na Inglaterra.

investigação. Forneceram à colônia exatamente 250 gramas de alimento por dia, durante todo o experimento, e contaram, periodicamente o número de indivíduos. A população foi-se tornando cada vez maior até que o alimento fornecido começou a ser insuficiente. Notou-se, então que alguns indivíduos começaram a abandonar a colônia. O Dr. Emlen verificou que a taxa de emigração se mantinha aproximadamente igual à taxa de natalidade, de modo que o tamanho da população (e sua densidade, visto como a área experimental era sempre a mesma) se mantinha constante. Isso mostra que a quantidade de alimento pode ser o "fator limitante" para o crescimento de uma população, e que a dispersão (emigração) aumenta com a carência de alimento. Numa segunda experiência, os mesmos investigadores cercaram o campo experimental de modo a impedir a saída dos camundongos e repetiram o mesmo procedimento, isto é, forneceram à colônia 250 gramas de alimento por dia. Neste caso, quando a população cresceu a ponto de se tornar o alimento insuficiente, a taxa de natalidade começou a declinar, a ponto de tornar-se o fator limitante: a população parou de crescer. Vemos, assim, que o mesmo fator — nesse caso a escassez de alimento — pode atuar de maneiras diversas (aumentando a dispersão ou limitando a natalidade) para produzir determinado efeito (a estabilização do tamanho da população).

Examinemos agora outro fator. Em lugar de manter constante a quantidade de alimento disponível, os pesquisadores de Wisconsin passaram a uma terceira experiência, em que forneciam sempre alimento à vontade, mas mantinham a colônia cercada, para evitar emigração. A população aumentou rapidamente até que a colônia ficou "superpopulada". As brigas e o canibalismo aumentaram drasticamente e as fêmeas deixaram de cuidar de seus ninhinhos e dos filhotes. A mortalidade dos recém-nascidos atingiu 100%, apesar da natalidade continuar alta. Portanto, o crescimento da população ficou limitado, dessa vez, pela taxa de mortalidade.

Ao mesmo tempo que esses experimentos eram feitos nos Estados Unidos, um grupo de pesquisadores ingleses estava realizando pesquisas similares, para determinar o efeito da escassez de espaço, com abundância de alimento. Difere, nos dois casos, apenas a disposição dos cochos de comida, dos vidros d'água e dos ninhinhos. Os resultados foram, porém, diferentes. A mortalidade não aumentou quando a colônia ficou superpopulada, mas a fertilidade baixou até zero. Portanto, nos dois casos, a densidade da população atingiu um limite máximo e se estabilizou, num caso como resultado do au-

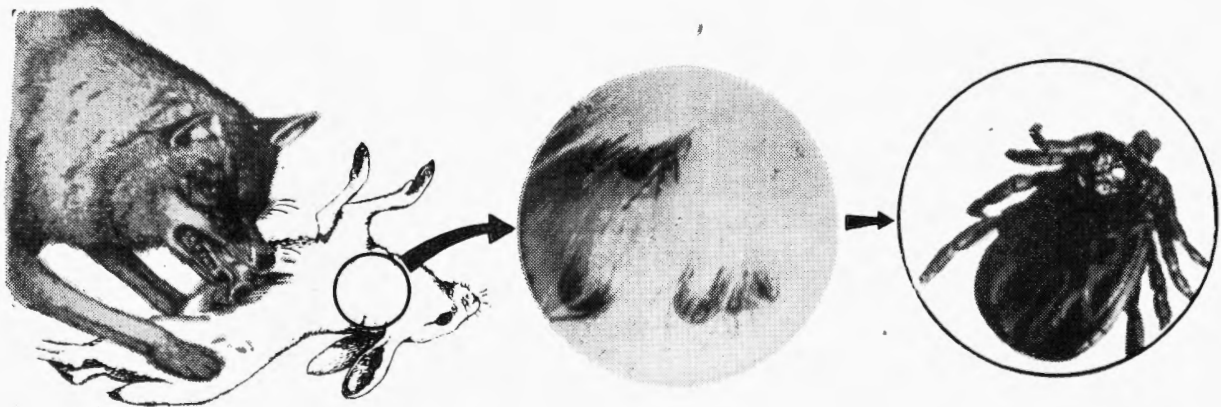


Fig. 2-2 — Uma relação parasitismo-predatismo.

mento da mortalidade, e no outro como consequência da diminuição da natalidade. Uma das hipóteses para explicar essa discordância é que ela dependa de diferenças existentes na organização social dos camundongos usados nas duas experiências. O estudo dessas diferenças está agora sendo investigado por um grupo da Universidade de Rutgers (E. U. A.).

2.3.4 *Influência de outros organismos*

O tamanho de uma população pode ficar limitado, portanto, quer pelo espaço disponível, quer pela quantidade de alimento. No caso das plantas, o espaço é, freqüentemente, o fator limitante: não é possível acrescentar novas árvores a uma floresta ou novas moitas de capim a um capinzal, a não ser em substituição aos indivíduos que morrem. No caso dos animais, entretanto, o espaço e a quantidade de alimento só muito raramente se tornam fatores limitantes. Antes que comecem a atuar, outros fatores intervêm. São especialmente importantes as relações com outras espécies, as quais podem ser muito complexas. Por exemplo, muitos animais além de comerem, são também comidos. O predatismo e o parasitismo são fatores importantes no caso dos animais. Chamamos de predadores os animais que matam outros para comer; e de parasitos os que tiram seu alimento de outros, sem necessariamente matá-los. Não obstante os parasitas freqüentemente enfraquecem suas vítimas e diminuem sua fertilidade, de modo que é fácil encontrar casos em que a densidade de uma população depende fundamentalmente dos parasitos que alberga. À medida que uma população cresce, e se torna mais densa, os parasitos passam mais facilmente de um indivíduo para o outro, até desencadear-se uma epidemia que mata a maioria dos hospedeiros e elimina conseqüentemente, a maioria dos parasitos. As populações de hospedeiros e a de parasitos tendem, assim, a manter-se em equilíbrio, embora se trate de um equilíbrio instável, com grandes flutuações a favor de um ou outro dos dois componentes.

Pensou-se, em certa ocasião, que seria vantajoso para o homem eliminar os predadores que matam animais de caça, de modo que esta se tornasse mais abundante. Verificou-se, porém, que, feito isto, a população crescia até esgotar os recursos alimentares e os animais passavam a morrer de fome ou, enfraquecidos, sofriam devastadoras epidemias. O resultado, às vezes, era desastroso e a população se tornava até menor do que antes da eliminação dos predadores. Hoje os especialistas concordam que é melhor não interferir no equilíbrio natural, nesses casos.

2.3.5 *Influência do clima*

Verificou-se, no Brasil, que o tamanho das populações naturais de várias espécies de drosófilas oscila de acordo com as estações do ano, diminuindo, em geral, na estação seca e fria em que as frutas de que se alimentam são menos abundantes. Nos países de estações mais marcadas, as populações de drosófilas e, em geral, de todos os insetos, se reduzem drasticamente no inverno: a maioria dos indivíduos morre de frio e a fertilidade dos remanescentes diminui consideravelmente. Os animais e as plantas podem ser destruídos pelo frio, pela seca (como no Nordeste) pelas inundações (como nos igarapés amazônicos) ou pelo calor. O clima atua, portanto, sobre o tamanho das populações, quer direta, quer indiretamente. As aves migratórias poderiam resistir ao inverno nas zonas temperadas septentrionais, mas não teriam o que comer se não migrassem para o sul. Nota-se aqui um ciclo migratório em correspondência com o ciclo anual do clima. Por outro lado, desvios excepcionais do ciclo climático normal podem dizimar populações ou produzir emigração em massa. É o caso do Nordeste, onde ocorrem secas especialmente rigorosas com intervalos de vários anos. Nessas ocasiões as populações vegetais e animais são seriamente afetadas e a própria população humana sofre alta mortalidade e se desloca em massa, fugindo da seca.

2.3.6 *Conclusões*

Os fatores limitantes fundamentais do tamanho das populações são o espaço e o alimento. Mas, na natureza, outros fatores costumam intervir na regulação do tamanho das populações, antes que estes dois comecem a atuar de modo substancial. O parasitismo, o predatismo e o clima interagem de maneira complicada, que muitas vezes não chegamos a compreender bem. Devemos, porém, lembrar-nos de que o tamanho da população de qualquer organismo é sempre o resultado de um complexo de fatores que agem sobre suas taxas de natalidade, mortalidade e dispersão.

2.3.7 *Curvas de crescimento das populações*

Quer partamos de uma cultura de levedura em tubos de ensaio, ou de drosófilas criadas em garrafas, ou de camun-

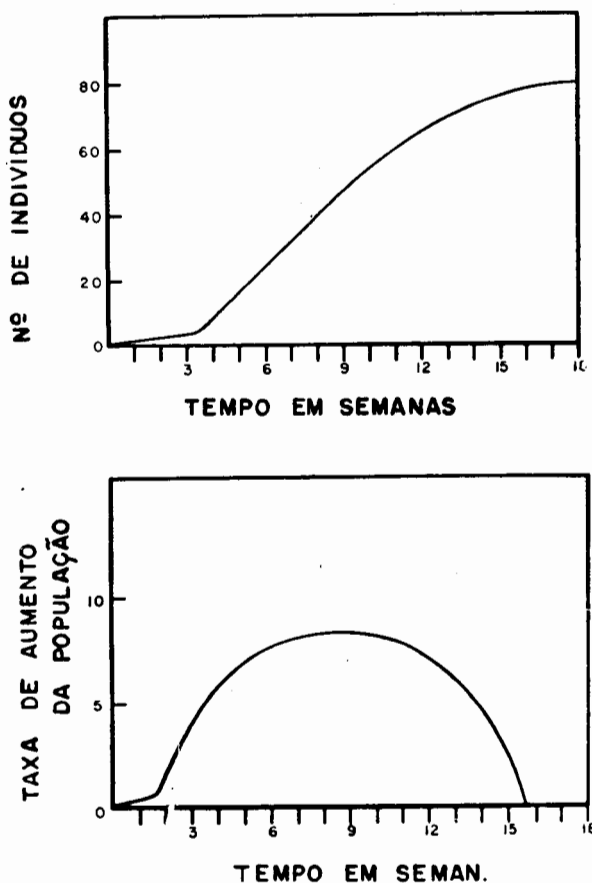


Fig. 2-3 — Curvas teóricas de mudanças em populações.

dongos que invadem uma nova ilha, o crescimento da população segue, em geral, o tipo de curva representado na Fig. 2-3. A tendência é haver uma fase inicial de crescimento lento, que passa aos poucos a ser rápido e, finalmente diminui novamente até cessar.

2.3.8 Oscilações do tamanho das populações

Através de experiências feitas com diversas espécies, verificou-se que indivíduos isolados, ou alguns pares de indivíduos, muitas vezes não conseguem sobreviver em condições em que um número maior de indivíduos consegue implantar-

-se e dar início a uma população em crescimento. Parece que, no caso de muitos organismos, há um tamanho *mínimo* da população, abaixo do qual advém a extinção. Há também um limite *máximo* de tamanho que a população não consegue ultrapassar. Entre os dois limites há vários tamanhos ou densidades possíveis: o mais favorável deles é o tamanho *ótimo* — fácil de citar, mas difícil de determinar na prática.

Poderíamos pensar que a situação ótima é aquela em que a natalidade é máxima e a mortalidade mínima: mas isso determina o crescimento da população e o aumento de sua densidade e conduz à superpopulação (é o que está acontecendo com as populações humanas do mundo moderno). A superpopulação fará com que a natalidade diminua, ou a mortalidade aumente, ou a emigração se acentue: ou, mais provavelmente, provocará uma combinação desses efeitos. O fato é que os membros de uma população exercem influência uns sobre os outros; influência que pode ser benéfica ou maléfica para a população, conforme as circunstâncias. Muitos problemas referentes à densidade das populações ainda estão para ser resolvidos. Quantos pirarucús devem ser mantidos num açude do Ceará para conseguir-se o maior rendimento para alimentação?

Quando a população de drosófilas em uma garrafa, ou de camondongos em uma ilha, atinge o tamanho máximo compatível com o ambiente, segue-se, em geral, um decréscimo; este é sucedido por novo crescimento que conduz a superpopulação; depois a população torna a diminuir. O tamanho das populações está, assim, sempre oscilando. Que é que causa essas flutuações? Não podemos dar uma resposta completa. Sabemos que o ambiente não é estático. A quantidade de radiação solar varia. Exceto em certas regiões equatoriais, como no Vale Amazônico, o clima é uma importante causa de variação dos ambientes terrestres. Além disso, espécies diferentes agem de modos peculiares umas sobre as outras. De novo nos encontramos ante uma situação muito complexa e os ecologistas não conseguem ainda fazer muito mais do que descrever essas flutuações.

Nesse caso não se trata de uma experiência de laboratório, e sim de uma observação de campo. Como os ratos não gostam de atravessar ruas, o Dr. David Davis verificou que os quarteirões do centro da cidade de Baltimore (E. U. A.) funcionam como grandes gaiolas. A Fig. (2-4) mostra o resultado de contagens da população de ratos em um desses quarteirões. Em 1942 o Departamento de Saúde da cidade desenvolveu uma campanha contra os ratos que quase acabou com eles, e nos anos seguintes não se encontraram ratos no quarteirão em estudo. A partir de 1945 a população começou a crescer.

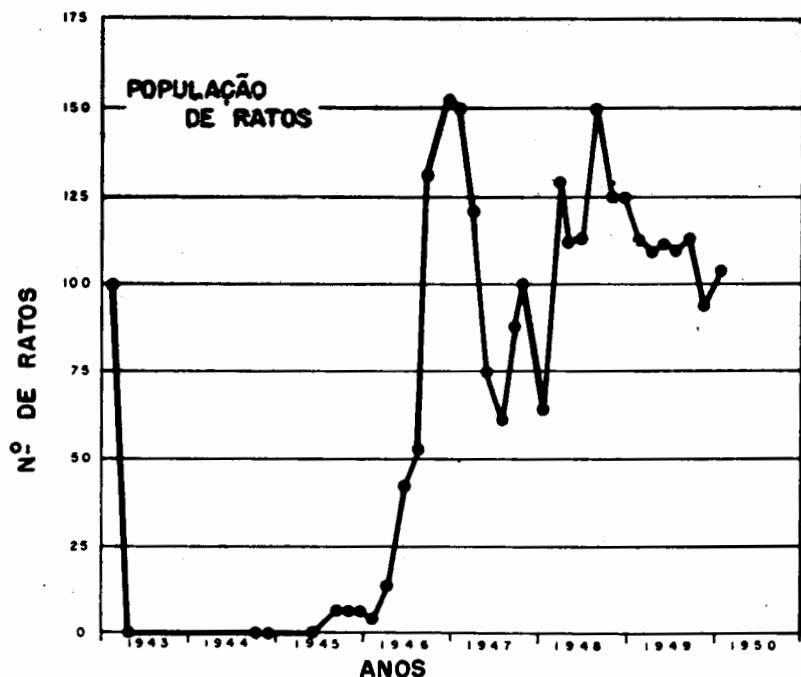


Fig. 2-4 — População de ratos num quarteirão de Baltimore.

Compare a curva daí por diante com a da Figura 2-3. Quando é que a população atingiu o máximo? Qual o número máximo de ratos que o quarteirão é capaz de manter?

Em certos casos, as flutuações do tamanho da população são tão regulares que podem chamar-se ciclos populacionais. No Canadá, a população de certa espécie de lebre atinge um máximo praticamente cada dez anos. Notaram-se picos semelhantes, de três em três anos, na população de outro roedor da mesma região. Não se esclareceu ainda completamente o determinismo desses ciclos, mas parece que, em alguns desses casos, os distúrbios fisiológicos causados pela tensão nervosa que ocorre durante os períodos de superpopulação constituem a causa da queda da reprodução e do aumento da mortalidade. Por outro lado, a superpopulação produz uma abundância de alimento para os predadores, que, por isso, aumentam em número e matam mais presas. Este exemplo ilustra bem um campo científico em que os fatos são conhecidos, mas uma explicação precisa ainda não foi encontrada.

2.3.9 Populações e espécies

Ratos, veados, capim, pacas são tipos diferentes de organismos. Mas que entendemos por *tipos* de organismos?

Isso nos leva ao problema das classificações, que tem dado muito trabalho aos biologistas, desde há muito tempo. A primeira vista parece um problema trivial, mas na verdade tem importantes conseqüências sobre muitas linhas de pesquisa biológica.

Vaca e leão são coletivos: designam *grupos* de seres e indicam *tipos*. Um tipo é sempre representado por um grupo, e para formar um grupo que possa ser distinguido de outros grupos, você precisa saber o que têm os indivíduos do grupo em comum. Assim você poderá decidir se um novo indivíduo deve ser colocado em determinado grupo ou não.

Os cachorros e os touros são tão diferentes que não precisamos reparar nos caracteres que os distinguem. Mas serão todos os camundongos de um só tipo? E todos os pés de capim? Suponhamos que você vai comprar uma muda de roseira para o seu jardim. O vendedor lhe pergunta: Que tipo de roseira o Sr. quer? Há muitos tipos de roseiras. Isso pode trazer confusão. Em ciência precisamos de um sistema mais preciso de nomenclatura.

A base do sistema científico de nomenclatura é o conceito de *espécie*. Este conceito deriva da idéia de população que temos discutido. Uma espécie é uma população de organismos, tão semelhantes que admitimos que podem uns prozir dos outros. No caso de organismos que se reproduzem sexualmente, uma espécie é formada por indivíduos capazes de se cruzarem dando prole fértil.

Os jumentos diferem dos cavalos por serem em geral menores, terem orelhas mais compridas, cauda e crina mais curta; e porque zurram ao invés de relinchar. São duas espécies que se cruzam, mas dão prole estéril (o burro). Espécies diferentes, em geral, diferem quanto a vários caracteres. Mas há animais ou plantas que diferem consideravelmente e no entanto pertencem à mesma espécie. Isto é especialmente comum entre animais domésticos ou plantas cultivadas. Um buldogue, um perdigueiro, um policial alemão, um bassê e um lulu são animais diferentes, mas pertencem todos à mesma espécie: a do cão doméstico. Mesmo entre animais e plantas selvagens ocorrem raças distintas, que ocupam áreas diferentes mas pertencem à mesma espécie. Por que não consideramos essas raças como espécies distintas? Porque elas podem cruzar-se dando prole fértil. Mesmo que raças extremas, (como a do lulu e do policial) não se possam cruzar diretamente, sabemos que cada uma delas pode cruzar-se com tipos

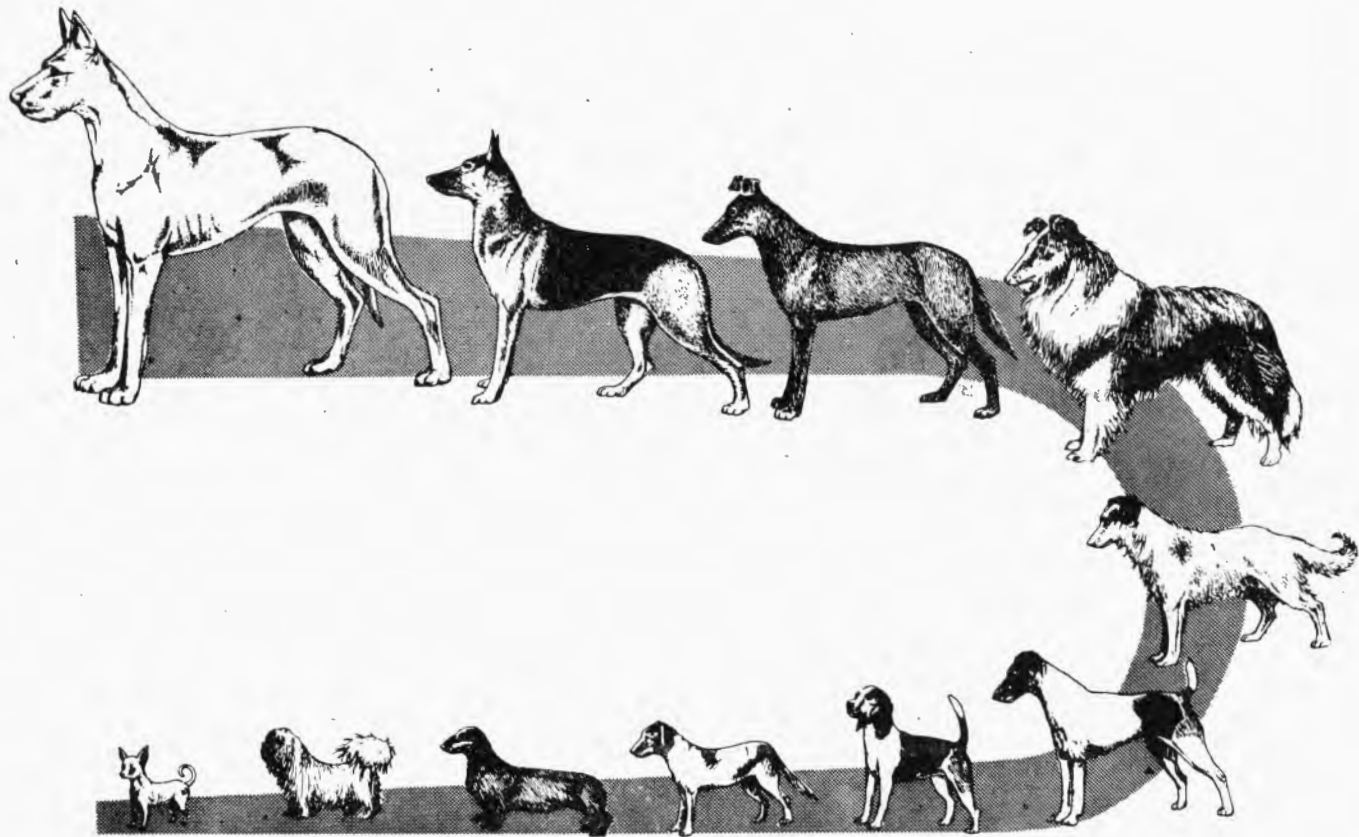


Fig. 2-5 — Variação em uma espécie.

intermediários, de modo que é possível obter um híbrido que tenha um policial e um lulu como ancestrais.

2.3.10 *Como definir espécie*

Populações de duas espécies diferentes, ainda que pareçam muito semelhantes, podem viver na mesma região mantendo-se distintas, porque não se cruzam ou, se o fazem, não produzem prole fértil. O ponto crucial é que tais populações não conseguem transmitir seus caracteres hereditários para o mesmo conjunto de descendentes: não podem "trocar gens". Nisso se baseia o conceito moderno de espécie. A impossibilidade de trocar gens depende de razões diversas, das quais as principais são as seguintes:

a) Em alguns casos o cruzamento entre espécies diferentes é possível, mas os híbridos são inviáveis ou morrem jovens.

b) Outras vezes os híbridos são viáveis e vigorosos mas são totalmente estéreis, ou quase.

c) Finalmente há casos em que o cientista consegue, por algum artifício, fazer com que duas espécies se cruzem e produzam híbridos férteis, mas por uma variedade de razões, isso não ocorre na natureza.

Como exemplo do primeiro caso temos o cruzamento, feito em laboratório, entre certas espécies de rãs: os ovos fecundados começam a desenvolver-se, mas o embrião logo morre.

O burro e a mula constituem um exemplo do segundo caso. Resultam do cruzamento entre as espécies do jumento e do cavalo, são vigorosos, como todo mundo sabe, mas estéreis, porque os tecidos de suas glândulas reprodutoras são tão anormais que não formam, em geral, óvulos ou espermatozoides viáveis. O mesmo acontece quando se consegue cruzar galinhas com perus.

Para ilustrar o terceiro caso, tomemos duas espécies norte-americanas de patos selvagens. Elas diferem tanto que qualquer caçador as distingue sem dificuldade. Ocorrem juntas, nas mesmas zonas, mas só raramente se encontram indivíduos com caracteres intermediários. No entanto, colocados na mesma gaiola, os indivíduos das duas espécies se cruzam e produzem prole fértil. Na natureza não se cruzam porque os comportamentos relacionados com a reprodução são muito diferentes nas duas espécies.

Situação semelhante se observa em relação ao urso pardo do Alasca e o urso polar. Ocorrem ambos na mesma região geográfica, mas o urso pardo vive nas florestas e o urso polar nos campos cobertos de neve ou gelo, de modo que rara-

mente se encontram, e não se conhecem híbridos na natureza. No Jardim Zoológico de Washington, entretanto, conseguiu-se que se cruzassem e a prole produzida é vigorosa e fértil.

Muitas espécies de animais apresentam danças nupciais elaboradas e características, que tornam difícil o cruzamento com espécies próximas que vivem na mesma área. O macho de certas espécies de aves se exhibe perante a fêmea e isso estimula nela a produção de hormônios sexuais que determinam a ovulação. Esse estímulo é mais forte quando a dança é executada por um macho da mesma espécie, de modo que o cortejamento contribui para impedir a formação de híbridos.

Muitas flôres, como as orquídeas e a bôca-de-leão, se distinguem por formas complexas e bonitas côres e são polinizadas por abelhas e outros insetos. Várias espécies de abelhas procuram uma só espécie de flôres em cada viagem que fazem para coletar o néctar. Um pesquisador plantou num campo duas espécies bem diferentes de bôca-de-leão em filas alternadas e observou que as abelhas só visitavam uma das espécies em cada viagem, voando por cima das flôres da outra espécie. Outras abelhas da mesma colmeia visitavam exclusivamente a outra espécie. As sementes produzidas por essas flôres produziram apenas uns três por cento de híbridos, embora quando polinizadas artificialmente pelo homem, produzam híbridos em quantidade.

O conceito de espécie que desenvolvemos se baseia na existência de barreiras, dos mais diversos tipos, que impedem a troca de gens entre populações, em condições naturais. Na grande maioria dos casos, entretanto, não se sabe se dois tipos parecidos se cruzam ou não na natureza, de modo que o sistemata, que se encarrega de classificar as espécies, tem de tomar uma decisão baseado em indícios indiretos. Se as duas formas são colhidas na mesma área e não se encontram indivíduos com caracteres intermediários, pode-se admitir que as duas formas não se cruzam, e portanto são duas espécies. Se provêm de áreas diferentes, pode ser que sejam duas raças da mesma espécie, que se cruzam nas fronteiras de suas áreas de distribuição. Na maioria dos casos um especialista que estude cuidadosamente as duas formas pode decidir, pelo tipo e número das diferenças que encontra, se elas são duas espécies ou apenas raças ou variedades de uma espécie.

2.4 COMUNIDADES

Podemos agrupar as espécies de acôrdo com suas semelhanças ou de acôrdo com seu modo de vida. Assim, o urso

pardo do Alasca e o urso polar pertencem a espécies que fazem parte da mesma família mas, quanto ao modo de vida, devem ser postos em grupos diferentes porque pertencem a comunidades biológicas diversas: a de floresta e o dos campos gelados. A taxonomia (ou sistemática) trata de classificar os animais e plantas de acordo com suas semelhanças e diferenças, de modo a colocar no mesmo grupo as espécies que sejam mais aparentadas, do ponto de vista da evolução. A ecologia, por outro lado, classifica as espécies de acordo com as comunidades de que fazem parte. Este é o ponto de vista que adotaremos no resto deste capítulo.

2.4.1 *Habitats e nichos*

Cada espécie apresenta determinada *distribuição geográfica* e vive em um *habitat* particular, isto é, num determinado ambiente. Além disso, cada espécie ocupa, nesse habitat, determinado *nicho ecológico*. A paca ocupa uma distribuição geográfica que vai desde a América Central até a América do Sul, mas isto não define seu habitat completamente. Elas não são encontradas em cima das árvores, como os sabiás, nem dentro de tocas, como os tatus. Vive nos campos de capim alto, junto dos rios: esse é o seu habitat. O habitat de uma espécie se relaciona com seu nicho — com o papel que a espécie desempenha na comunidade. A paca não poderia viver de plantas se seu habitat fosse a floresta. Por outro lado, outros animais do mesmo habitat ocupam nichos totalmente diferentes: o anu, que cata os carrapatos dos animais, as cobras que comem pererecas do brejo.

Certos nichos são extremamente especializados. O tamanduá bandeira só come formigas e cupins; muitas lagartas de mariposas e borboletas só comem as folhas de determinada planta.

Poder-se-ia pensar que é fácil determinar o nicho de uma espécie; mas nossos conhecimentos sobre os hábitos de vida da maioria das espécies animais estão ainda muito incompletos. Podemos descobrir muita coisa estudando as espécies que vivem em nosso próprio quintal. Se você resolver fazê-lo, verá que a coisa é divertida e pode também ser útil.

2.4.2 *Relações Simbióticas*

Discutimos até agora muitos tipos de relações, como as que permitem transferência de energia e de substância de um ser vivo para outro e as que decorrem das influências mútuas entre os indivíduos de uma mesma espécie (relações

intra-específicas). Agora vamos examinar certas relações que existem entre espécies diferentes da mesma comunidade (relações inter-específicas) e seus respectivos nichos.

Certas espécies se mantêm em tão estreita interdependência que uma não poderia existir sem a outra. É o caso dos líquens. Você conhece bem os líquens esverdeados, cinzentos, amarelos ou alaranjados que formam crostas no tronco das árvores e sobre as pedras. Cada um é formado por uma espécie de alga verde microscópica e um fungo (cogumelo), que não tem clorofila. Nesta parceria, a alga contribui com a energia (como?) e recebe, em troca suporte e proteção. A alga poderia viver dentro d'água sem o auxílio do fungo, mas, associada a ele, resiste a ambientes extremamente secos. Esse tipo de associação muito íntima entre espécies diferentes se chama *simbiose* e, quando ambos os parceiros tiram da associação vantagens diretas, trata-se de uma *simbiose mutualística*.

O parasitismo pode também ser considerado como um tipo de simbiose, porém antagonística: a associação é íntima e o parasito, em geral, depende totalmente de seu hospedeiro. Mas este pode perfeitamente dispensar o parasito e, na verdade vive, em geral, muito melhor sem ele. Quando o parasito prejudica claramente o hospedador, surge a doença parasitária. Há casos de simbiose em que o benefício mútuo é evidente; em outros casos o prejuízo para uma das partes é claro. Mas, entre esses extremos, há tôdas as transições, de modo que, às vêzes, é difícil decidir se a associação é mutualística ou antagonística.

2.5 O ECOSISTEMA

Até agora pouco falamos da parte não-viva do ambiente. Ela é, entretanto, da maior importância. Tôda comunidade tem sempre espécies animais. Poderíamos, todavia, imaginar uma comunidade só de plantas, pois muitos vegetais podem passar perfeitamente sem a vizinhança de animais. O que não podemos é imaginar uma comunidade que não esteja encravada num determinado conjunto de condições físicas: sem a energia do sol, sem os gases da atmosfera, sem os minerais do solo.

Naturalmente, você pode citar as comunidades que vivem nas profundezas das cavernas, onde não entra luz; mas é claro que tal comunidade não está limitada à caverna: os seres cavernícolas dependem dos que vivem fora e recebem luz, pois lá estão as plantas verdes que agem como produtores para eles. Todos os habitantes da caverna são consumi-

dores e têm de captar energia de outros organismos, que são trazidos de fora, muitas vezes, por correntes d'água.

Na verdade é bem difícil distinguir totalmente a parte física do ambiente de sua parte viva. As duas interagem de tal maneira que a parte física é profundamente modificada pela parte biótica e vice-versa. A esse sistema de influências mútuas entre a parte física e a parte biótica da comunidade damos o nome de *ecossistema*. Um ecossistema não é apenas a soma da comunidade biótica e das condições do meio. É mais do que isso, pois se refere também à rede total de relações que existe entre todas as partes do ambiente, tanto vivo como não vivo. E, do mesmo modo que cada comunidade se relaciona com outras comunidades que com ela confinam, também cada ecossistema nunca é independente dos outros que o rodeiam. Assim, pode-se passar de uma ecossistema para outro, em redor do globo e concluir que os ecossistemas dos lagos, dos rios, das terras e dos oceanos se relacionam. Se você quiser, pode considerar todos esses ecossistemas como formando um só, de hierarquia superior, que compreende todas as comunidades que existem no planeta e todos os fatores ambientais que sobre elas influem. Pois bem, isto é a biosfera.

SUMÁRIO

A séde dos processos vitais é o indivíduo. Mas, através do tempo, desenvolve-se uma continuidade de indivíduos, pois, pela reprodução, uns vão dando origem a outros. Ao estudarmos os indivíduos, verificamos que eles podem ser integrados em muitas populações diferentes, que têm características próprias (não deduzíveis diretamente das propriedades dos indivíduos que as compõem). Entre elas, destacamos a densidade, que depende das taxas de natalidade, de mortalidade e de dispersão (emigração e imigração).

O conceito de espécie deriva do conceito de população. No caso dos organismos sexuais, a espécie é a população formada por todos os indivíduos capazes de se cruzarem, em condições naturais, dando prole fértil, isto é, por todos os indivíduos capazes de trocarem gens. Este conceito de espécie é importante, não apenas em ecologia, mas também em sistemática e na teoria da evolução.

Reverendo a ecologia de diferentes espécies, tratamos de zonas de dispersão geográfica, de habitats e de nichos ecológicos. Estudando as relações entre os indivíduos que compõem uma espécie e entre os que pertencem a espécies diferentes, lidamos com o conceito de comunidade. Reconhecemos, depois as interações entre as comunidades e o ambiente físico, e chamamos ao conjunto de ecossistema. O conjunto de todos os ecossistemas forma a biosfera.

Questões:

- 1 — Quais são algumas das características das populações mas não dos indivíduos?

- 2 — A densidade de populações pode variar devido à várias causas. Que fatores podem causar um aumento da população de pacas numa certa área? Que fatores podem causar em decréscimo?**
- 3 — Como podemos usar uma lagoa ou charco para ilustrar um ecossistema?**
- 4 — Que acontece à área de crescimento de uma população se um fator importante do meio orgânico for removido? Por exemplo que acontece às pacas quando as onças são destruídas? Que acontece se um fator orgânico for removido?**
- 5 — Como subsiste uma comunidade sem luz, por exemplo a que existe numa caverna?**
- 6 — Como você determinaria a densidade de uma população de *Sacharomyces cerevisiae* num frasco em que eles estejam sendo cultivados?**
- 7 — Como pode um ecologista determinar a densidade de uma população de uma espécie de animal selvagem?**

CAP. III

A VIDA NA TERRA

Começamos esta unidade simplesmente com uma paca e o capim: um animal e uma planta, um consumidor e um produtor. Produzindo e consumindo o que? Vários tipos de coisas, mas principalmente alimento. Encaramos a comida como uma fonte de energia. É claro que a planta não produz energia; mas converte energia solar (radiante) em energia química: sintetiza alimentos graças à luz solar. A energia do sol é usada pelos seres vivos e finalmente se perde sob forma de calor: depois disso não pode mais ser aproveitada pelos organismos. As substâncias químicas usadas pelos seres vivos, ao contrário, passam de um ser a outro, voltam ao ambiente físico e novamente voltam aos organismos: circulam assim constantemente. Isto acontece com o fósforo, o cálcio, etc. Os ciclos de alguns desses alimentos são bem conhecidos, mas outros precisam ainda ser esclarecidos.

Quando estudamos as transformações da energia e da matéria na biosfera, tendemos a perder de vista a nossa paca e o capim. Mas o sistema dos seres vivos é composto de indivíduos e o seu funcionamento, seu intercâmbio de energia e matéria, depende das trocas entre os indivíduos. Pode-se capturar uma paca, mantê-la em cativeiro, ou dissecá-la para examinar suas partes, mas não se pode capturar

uma população natural. Podemos apenas analisá-la por meio de pequenas amostras ou por métodos indiretos (embora possamos estudar modelos de população no laboratório).

A população é mantida pela natalidade e controlada pela mortalidade, e é possível examinar as relações entre tipos diferentes de populações, com respeito a trocas de energia e material, e descrever os nichos que ocupam no sistema da comunidade.

Quando falamos em tipos de populações pensamos em espécies. Há muitas centenas de espécies diferentes, mesmo na mais simples das situações naturais. A catalogação e ordenação das espécies é a parte da biologia chamada *taxonomia*. A paca é um mamífero roedor. O capim é uma planta vascular e, mais ainda, uma angiosperma monocotiledônea. É da família das Gramíneas, e entre esta podemos identificar vários gêneros (grupos de espécies).

Os processos básicos de transferência de energia são semelhantes em qualquer região da biosfera, mas os tipos de seres vivos em que tais processos se realizam diferem de lugar para lugar. Para analisá-los, é conveniente considerar em separado três ambientes bem distintos: o terrestre, o das águas doces, e o dos mares. Como vivemos na terra, o ambiente terrestre nos é mais familiar. Por isso começaremos por ele, para depois considerarmos o ambiente dos rios e lagos e o dos mares.

3.2 PORQUE OS ORGANISMOS SE DISTRIBUEM IRREGULARMENTE?

Considere os organismos que se encontram num raio de 15 quilômetros em torno da sua escola. Provavelmente você não conhece muitos deles; outros você já viu mas não sabe como se chamam. Dentre os que você conhece pelo nome, há os que o homem introduziu, com fim utilitário (galinhas, milho) e os que trouxe consigo involuntariamente (rato, dente-de-leão). Há também vários que sempre viveram aí, independentemente da ação humana. Seja como fôr, eles todos interessam ao ecologista.

3.2.1 *Biotas Naturais*

Existirá ainda, na região em que você mora, a comunidade (ou *biota*) primitiva, não alterada pela ação do homem? Talvez não. Mas mesmo nos casos em que houve grandes modificações, em geral é possível descobrir como era a paisagem antes da chegada do homem civilizado. Em certos lu-

gares ainda há pedaços de terra que não foram utilizados para a agricultura, pastagens ou para construções e ainda mantêm quase inalterado o aspecto inicial. Alguns desses trechos são cuidadosamente preservados pelo governo (Parques Nacionais). As vezes temos de recorrer aos escritos dos antigos exploradores e viajantes para obtermos informações sobre o aspecto original de certas regiões. Que biotas naturais predominam onde você mora? Florestas, cerrados, campinas; caatingas, campos? Que fatores concorrem para manter esse biota nessa região?

Os seres que vivem numa certa área tiveram de chegar à ela de algum modo e aí sobreviver. Portanto, a explicação para a existência de um biota decorre de dois fatores: de um lado, a distribuição geográfica dos organismos, que estudaremos no capítulo 6, e, de outro, sua capacidade de sobrevivência, que consideraremos agora.

Se você encontra dentes-de-leão na beira das estradas, ou ratos no porão de casa, é porque estes organismos migraram para o nosso continente, assim como os homens europeus e africanos. Que aconteceria com o milho, em São Paulo, se o homem abandonasse as fazendas? Que aconteceria com o gado se o homem se retirasse do Rio Grande do Sul? Que aconteceria com os ursos polares se, um dia, o último sobrevivente da raça humana abrisse as jaulas do Jardim Zoológico do Rio? Que aconteceria com os macacos se a mesma coisa acontecesse no Jardim Zoológico de Londres?

Estas perguntas podem sugerir várias respostas e talvez muita discussão, mas uma coisa é certa: o ambiente é importante, pois cada espécie só tolera certos ambientes. Vejamos qual o significado de sobrevivência. Não nos referimos apenas à sobrevivência do indivíduo e sim, principalmente, à de cada espécie. Estamos pensando em sobrevivência como desenvolvimento. A espécie sobrevive porque os indivíduos nascem, crescem e se reproduzem e os descendentes continuam a fazer parte da paisagem.

3.2.2 Limites de Tolerância

A sobrevivência depende do grau de tolerância que o organismo apresenta em relação ao ambiente em que está. Se um fazendeiro plantar milho num terreno seco, ou se soltarmos um pinguim na Amazônia, não haverá sobrevivência: *o milho não tolera falta d'água* e o pinguim não tolera o calor. Em ambos os casos um único fator limita a sobrevivência. É possível determinar experimentalmente, para qualquer organismo e qualquer fator, limites máximos e mí-

nimos de tolerância. Também se pode determinar o conjunto de condições mais favoráveis para o crescimento e a reprodução de um organismo, isto é, as *condições ótimas* para êle. O máximo e o mínimo de tolerância limitam o tipo de meio no qual o organismo pode sobreviver. Todavia, mesmo em tal meio, a sobrevivência não está garantida, pois o organismo pode ser eliminado em competição com outras espécies que utilizam o meio mais eficiente.

Há, nos Estados Unidos da América do Norte, uma espécie de cipreste que só ocorre naturalmente em áreas pantanosas, próximas da costa sul do Atlântico. Cresce, porém, em regiões mais altas, se plantada e cuidada pelo homem. Evidentemente a espécie tolera solos mais secos que o dos brejos, mas não subsiste nêles porque encontra aí competidores mais tolerantes, que a impedem de crescer. Podemos descrever o caso de outro modo: o cipreste tolera solo enxarcado, onde apenas algumas outras espécies podem viver. Portanto, êle cresce em brejos, não porque necessite ambiente pantanoso, mas porque ali não encontra competidores.

Outro exemplo: o pinheiro-do-Paraná forma extensas florestas no sul do Brasil, e não é encontrado na floresta pluvial dos trópicos. Contudo, plantado e cuidado pelo homem, vive perfeitamente mais ao norte, onde o clima é mais quente. Isso mostra que a espécie tolera, até certo ponto, o calor, mas não sobrevive nas florestas porque árvores ainda mais *tolerantes* ao calor, o impedem de crescer. A competição interespecífica é que o elimina. Por outro lado, várias espécies da floresta tropical que, sem competidores, poderiam viver na zona dos pinheirais, não vingam aí porque o espaço está ocupado pelos pinheiros.

Muitas vezes os limites de tolerância resultam da interação de fatores diversos. O pardal do campo, da região leste dos Estados Unidos da América, pode resistir aos frios do norte, mas necessita maior quantidade de alimento no inverno do que no verão, para manter constante a temperatura do corpo. Como só captura as prêsas durante o dia, êle fica em dificuldades no norte, porque lá o dia é muito curto no inverno. Qual é, então, o fator limitante: temperatura, alimento ou duração do dia? Para analisar uma situação dessas, precisamos estudar a tolerância aos diversos fatores no laboratório e levar em conta o comportamento dos organismos no campo. Os exemplos anteriores indicam que diferentes organismos têm diferentes graus de tolerância a diferentes fatores do meio. Na próxima seção dêste capítulo, veremos, como variam os fatores do meio na superfície da terra e porque.

3.3 CLIMAS

Os ambientes em que vivem os organismos são sistemas compostos de muitos elementos que interagem. Neste momento você se sente bem ou não, feliz ou infeliz, como resultado de uma situação muito complexa que existe dentro e fora do seu corpo. A luz afeta seus olhos, a temperatura e a umidade influem na sua eficiência, os ruídos o atrapalham, e a quantidade e o tipo de alimentos de que você dispõe afetam o seu modo de vida e o seu trabalho. Se você se mudou recentemente para uma região de grande altitude, a baixa pressão atmosférica está causando modificações no funcionamento do seu coração, dos seus vasos sanguíneos e até da sua medula óssea. Todos os organismos estão, como você, submetidos a uma grande série de variações ambientais. Estas diferenças de ambiente determinam que tipos de organismos podem viver em cada lugar, de acordo com os respectivos limites de tolerância. O meio é um todo complexo, mas, como o organismo responde a estímulos específicos, como por exemplo luz e temperatura, o ecologista pode, para fins de estudo, considerar separadamente os diversos elementos do ambiente.

3.3.1 *Energia radiante*

Você se lembra de que concluímos, no Capítulo 1, que a energia entra na biosfera em forma de radiação solar, que é transformada em energia química, pela fotossíntese. É das substâncias orgânicas produzidas no processo que deriva toda a energia necessária para as atividades dos animais e plantas.

A quantidade de energia solar recebida por qualquer parte da superfície da Terra é, portanto, o fator do meio de maior importância.

A radiação solar é recebida desigualmente por diferentes áreas da superfície terrestre. Uma das causas disto é a forma da Terra e a posição em relação ao Sol. (Figura 3-2).

É claro que a energia solar precisa atravessar a atmosfera para atingir a superfície terrestre. A atmosfera absorve parte da energia que a atravessa e, quanto mais espessa a camada atravessada, maior será a absorção. Os raios que chegam verticalmente atravessam menor extensão de ar do que os que chegam obliquamente, e portanto as regiões da Terra em que a luz chega verticalmente recebem mais energia que as outras partes.

Além disso, quando a luz incide obliquamente, distribui-se por maior superfície do que quando incide perpendicularmente (Figura 3-2). Uma lanterna mostra bem isso.

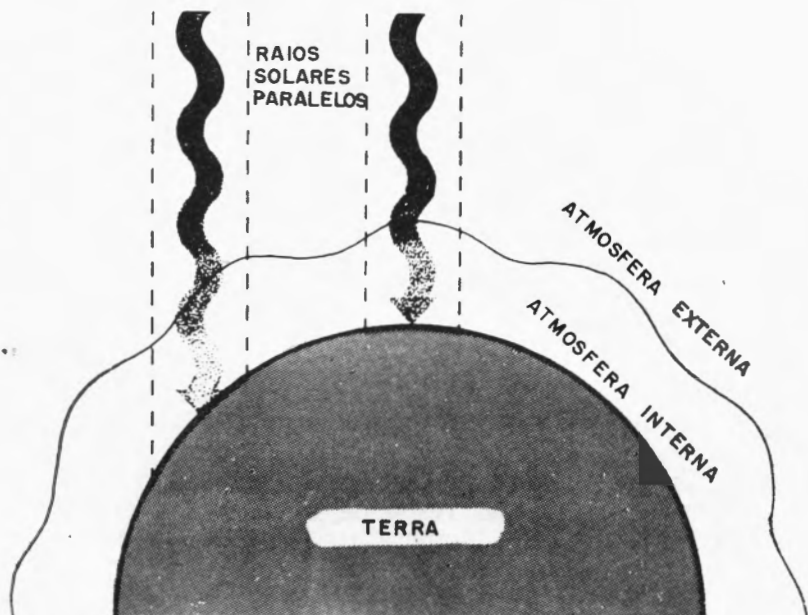


Fig. 3-1 — Efeito da posição do Sol na radiação que a terra recebe

Quando sua luz bate perpendicularmente numa superfície, vemos um círculo intensamente iluminado, mas quando a luz bate obliquamente, vemos uma oval oblongada, menos iluminada, porque a luz se espalha numa área maior.

Analisando êstes fatos em conjunto conclui-se que certa área da superfície terrestre recebe o máximo de energia quando o Sol está diretamente sôbre ela. Quando o Sol des-camba seus raios são recebidos segundo um ângulo menor que 90° . Isto torna menor a quantidade de energia que chega ao solo, tanto por causa da maior absorção na atmosfera, como por que a radiação se espalha por área maior. Portanto a radiação recebida pela superfície terrestre é maior na região equatorial e decresce rapidamente em direção aos polos. A tabela abaixo mostra a energia recebida por centímetro quadrado de superfície, por minuto, em 4 faixas de latitudes, quando o Sol está diretamente sôbre o Equador (solstício).

Tabela 2 — Energia (em calorias) recebida por centímetro quadrado, por minuto, em diferentes latitudes. Petterssen, 1958.

Faixas de latitudes (em graus)	Fração da área total da Terra	Radiação absorvida (cal/cm ² /min)
0-20	0,34	0,39
20-40	0,30	0,34
40-60	0,22	0,23
60-90	0,14	0,13

É preciso levar em conta a época do ano em questão, porque o máximo de radiação nem sempre incide diretamente sobre o Equador. A medida que a Terra gira em torno do Sol, a inclinação do seu eixo faz variar a latitude em que os raios caem verticalmente. Em 21 de dezembro, os raios verticais caem a uma latitude de 23,5° ao sul do Equador (uma linha chamada Trópico de Capricórnio) e a 21 de junho caem verticalmente a 23,5° ao norte do Equador (Trópico de Câncer). O Sol nunca incide verticalmente além dessas latitudes, e nos polos nunca se eleva a mais de 23,5° acima do horizonte. Assim, o máximo de radiação é recebida entre os dois trópicos, e o mínimo dos polos (Figura 3-3).

A Figura 3-3 mostra outra consequência da inclinação do eixo da Terra. Vemos aí que no Equador há sempre exatamente 12 horas de luz e que entre os trópicos a duração do dia não varia muito. Por outro lado, nos polos, o Sol brilha durante seis meses de cada vez. Como vemos, há uma grande variação no ritmo e na intensidade da radiação solar sobre a superfície terrestre.

Nos polos o Sol brilha por seis meses, e a intensidade luminosa é baixa, enquanto que, entre os trópicos, os dias e as noites duram cerca de 12 horas, mas a intensidade luminosa é alta. Podemos concluir que a intensidade de fotossíntese na superfície da Terra, varia de acordo com a posição geográfica e a época do ano, e isso influi em toda a comunidade biótica.

3.3.2 Circulação Atmosférica

Referimo-nos, até agora, apenas à radiação luminosa do Sol. E o calor? O calor do Sol que sentimos no verão resulta da transformação de luz em calor, quando ela incide sobre nós e sobre o ar que nos rodeia. No espaço interplanetário, onde há luz em profusão, mas não há matéria, não há calor. O fato de que o calor do Sol deriva apenas do impacto da luz sobre a matéria, leva-nos à uma conclusão notável: nossa atmosfera é aquecida de duas maneiras: em parte ela é

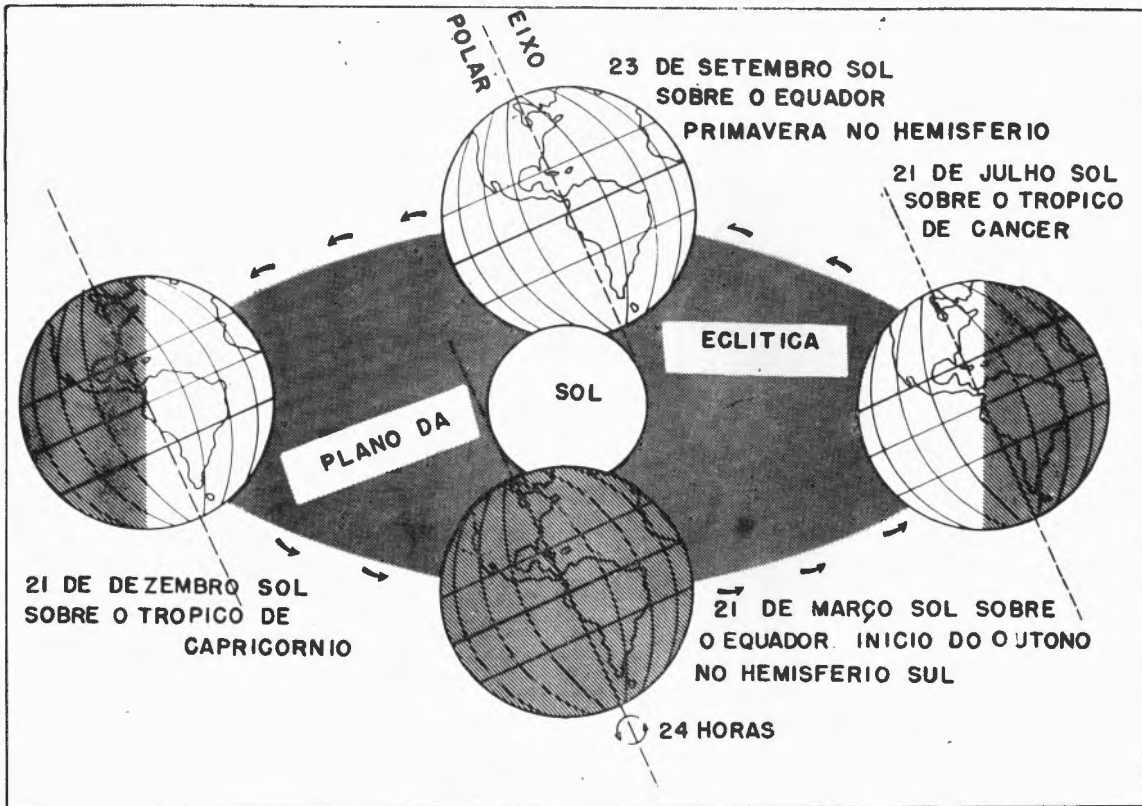


Fig. 3-2 — Relação entre a Terra e o Sol durante o ciclo anual

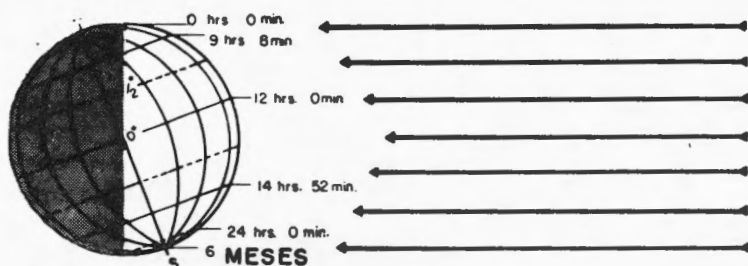
aquecida de cima para baixo quando a radiação luminosa vinda do sol incide sobre as partículas de ar; mas ela é aquecida principalmente de baixo para cima pela radiação reemitida pela terra quente e também por condução do calor. Muito pouco calor é produzido quando a radiação encontra as camadas mais altas da atmosfera, porque as moléculas que a compõem são poucas e esparsas. Um pouco mais de luz se transforma em calor, nas camadas mais baixas, onde o ar é mais denso, mas o grosso da transformação se dá quando a luz bate na crosta terrestre propriamente.

Você sabe que, quando se aquece a parte inferior de um fluido, as moléculas sobem por convexão, e o fluido aquecido se espalha sobre a porção mais fria. É desse modo que o calor se distribui num recipiente cheio d'água, colocado sobre o fogo. O ar também é um fluido e recebe mais calor na região equatorial do que na região polar. Como consequência estabelece-se um tipo de circulação atmosférica em que o ar aquecido sobe, nas regiões tropicais, espalha-se em direção aos polos e desce novamente nas regiões mais frias de latitudes altas (Figura 3-3).

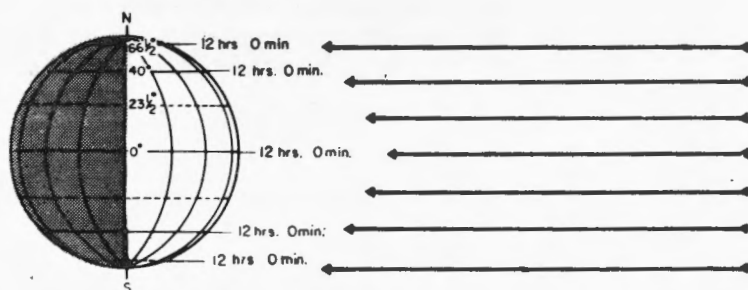
Este movimento do ar, causado pela distribuição desigual da radiação solar, determina a circulação de calor e vapor d'água sobre a superfície terrestre e é, às vezes, chamado de "bomba solar". Mas a gravidade também influi. A pressão atmosférica é devida ao peso do ar. O ar frio é mais denso que o ar quente e portanto relativamente mais pesado. Em consequência, o ar quente tende a subir e o ar frio tende a descer. Assim, a pressão atmosférica exercida por uma coluna de ar ascendente (ar quente) é mais baixa que a produzida por uma coluna descendente (ar frio). Nos mapas meteorológicos, encontram-se marcadas as zonas de alta e de baixa pressão. Ar frio que chega à São Paulo, vindo da Argentina, produz aí alta ou baixa pressão?

Como o ar próximo ao Equador é geralmente mais quente e menos denso do que em qualquer lugar do globo, esta região está permanentemente sob baixa pressão, de tal modo que o movimento do ar é mais vertical que horizontal. Esta região é chamada de *Doldrums*.

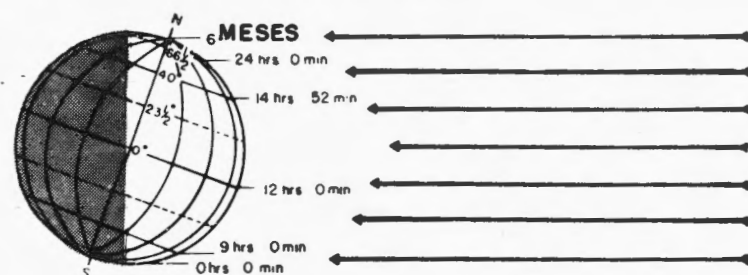
Precisamos ainda pensar num outro fator que afeta os ventos e o clima: *a rotação da Terra*. Como resultado desta rotação, o ar mais frio que flui dos Trópicos para o Equador não chega diretamente do sul, ou do norte: êle é desviado para oeste pela rotação da Terra. Por exemplo, o vento fresco que sopra da região de São Paulo (trópico de Capricórnio) para o norte, é desviado para oeste, e corre, portanto, de sudeste para noroeste. Já que se denomina um vento para direção de onde vem, êste é um vento sudeste. De que direção



21 DE DEZEMBRO



21 DE MARÇO E 22 DE SETEMBRO



21 DE JUNHO

Fig. 3-3 — Distribuição da radiação diária durante o ciclo anual.

vêm os ventos que sopram do trópico de Câncer para o Equador?

O movimento dos ventos entre os trópicos e os polos é mais complicado, e a Figura 3-4 deve ser encarada com reserva, quanto a isso. Ela é um esquema simplificado, baseado em certas teorias que não foram inteiramente confirmadas pelos dados obtidos durante o recente Ano Geofísico Internacional.

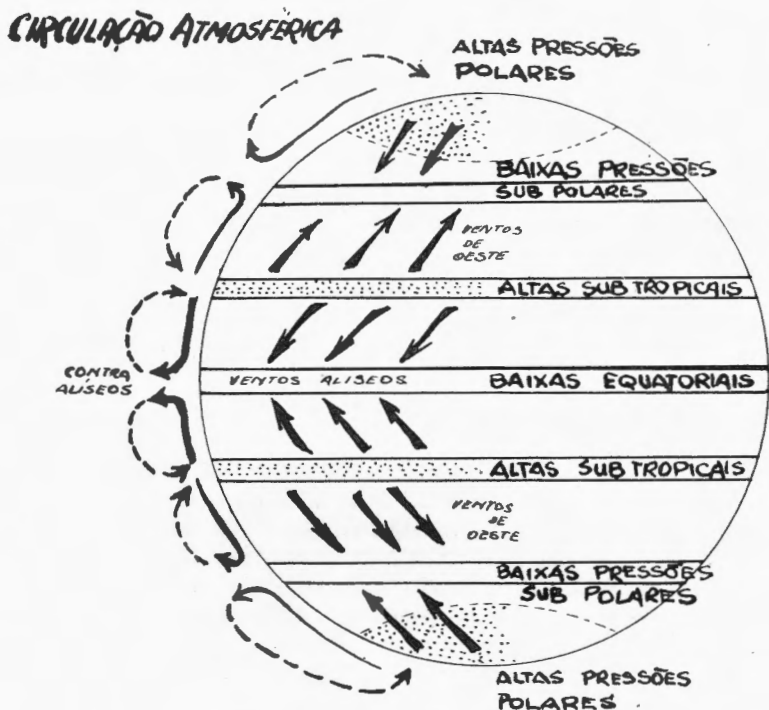


Fig. 3-4 — Distribuição dos ventos e pressões no globo

Para nosso estudo de ecologia, fixemos apenas os seguintes fatos, quanto ao movimento do ar entre os trópicos e os polos. Nas latitudes intermediárias (30° à 60° : por exemplo, sul do Brasil e maior parte dos Estados Unidos da América) os ventos sopram para os polos, vindos principalmente do oeste: no hemisfério sul, são ventos noroeste, e no hemisfério norte, ventos sudoeste. Entretanto, esses ventos são perturbados por massas de ar frio vindas dos polos e tomam outras direções.

Que efeitos tem a circulação atmosférica sobre a distribuição de calor e da umidade? Consideremos primeiro o calor. O ar quente circula das regiões tropicais para os polos, resfria-se e volta para os trópicos, onde se reaquece. Isto significa que as regiões medianas da terra ficam mais frescas e as regiões polares menos frias. Em outras palavras, as regiões tropicais exportam calor em direção aos polos. Outro fato, de grande importância para as comunidades bióticas, é que as águas se aquecem e se esfriam vagarosamente, enquanto que a terra o faz mais depressa. Portanto as massas de ar que estão sobre o mar e as que estão sobre a terra ficam com temperaturas diferentes, visto como recebem calor das águas ou das rochas sobre as quais estão.

A água dos oceanos se evapora constantemente e, quanto mais quente, mais depressa se evapora. O ar quente pode receber mais vapor d'água do que o ar frio, de modo que, quando o ar quente saturado de vapor d'água se resfria, a água se precipita sob forma de chuva ou neve. Portanto a precipitação depende não da circulação geral do ar, mas também das correntes oceânicas, quentes e frias, da configuração dos continentes e das cadeias de montanhas.

3.4 TIPOS DE BIOMAS

Há, portanto, largos cinturões de climas semelhantes em torno da Terra, de acordo com a umidade e com a intensidade da energia solar recebida durante as diversas estações do ano. A cada tipo de clima corresponde um tipo característico de vegetação, quando não há interferência humana. Nos climas áridos se encontra vegetação desértica, nos semi-áridos, campinas ou campos, cerrados e nos climas úmidos tropicais, florestas pluviais.

Muitas tentativas foram feitas para construir-se uma classificação racional dos climas em nosso planeta, e outras tantas para classificar os tipos de vegetação. É relativamente simples fazer um mapa com a distribuição de certos elementos climáticos, como energia solar, coluna pluvial, temperatura, umidade média, intensidade de evaporação, etc. Mas estes diferentes componentes do clima se misturam e interferem de vários modos. É possível reconhecer meia dúzia, uma dúzia, ou vinte tipos fundamentais de clima e encontrar variações correspondentes na vegetação.

Tendemos a relacionar o clima apenas com o tipo de vegetação, mas também têm de estar adaptados às condições do clima para viverem em determinada região. Portanto aos

diferentes climas correspondem, não só certos tipos de vegetação, como também certos tipos de animais.

Os biólogos expressam essa relação entre tipo de vegetação, vida animal e clima com a palavra *bioma*. Os biomas correspondem às divisões mais amplas da biosfera.

Os biomas assim como os climas correspondentes, não podem ser nitidamente delimitados, porque as variações são graduais do campo para o deserto, ou da vegetação arbustiva para floresta. Mas, para facilitar, os ecologistas desenharam mapas com linhas divisórias nítidas, para mostrar os maiores biomas, como se vê na Figura 3-5.

Podemos ter uma idéia das diferenças entre os biomas considerando as tundras que circundam o polo Norte, a taiga ou floresta de coníferas que cobre grande parte do Canadá e da Sibéria (e corresponde à nossa floresta de araucárias), a floresta decídua das latitudes médias, composta de árvores que perdem as folhas no outono, as florestas pluviais dos trópicos, os campos e os desertos.

Os biomas são as maiores subdivisões da biosfera nos continentes. Começaremos por estudá-los para depois examinarmos os ambientes aquáticos.

3.4.1 Tundra

A tundra é circumpolar no hemisfério norte. Ela recebe pouca energia solar, e pouca precipitação, e a estação do ano em que ocorre crescimento dos vegetais é apenas de uns dois meses. A precipitação se dá, de modo geral, na forma de neve e, na maior parte do ano, o solo permanece gelado. Durante a curta estação quente, apenas a camada superior do solo, rica em matéria orgânica, degela permanecendo o sub-solo congelado (*permafrost*).

Durante o verão os ventos secos causam altas taxas de evaporação. É claro, então, que os organismos que vivem na tundra precisam estar adaptados a uma curta estação de degelo e a uma quantidade relativamente pequena de umidade. Poucos organismos podem tolerar tais condições, de modo que nas tundras ocorrem poucas espécies e o número delas decresce ainda mais em direção à fronteira norte que é caracterizada pela presença de gelo permanente. No hemisfério sul a tundra não é bem desenvolvida. Uma grande proporção de vegetação da tundra consiste em capim rasteiro (Figura 3-6) com extensas áreas cobertas por camadas baixas de líquens e musgos, como por exemplo os do gênero *Sphagnum*.

Mesmo as raras plantas lenhosas da tundra, como certos salgueiros, são muito rasteiras. Suas folhas são pequenas e

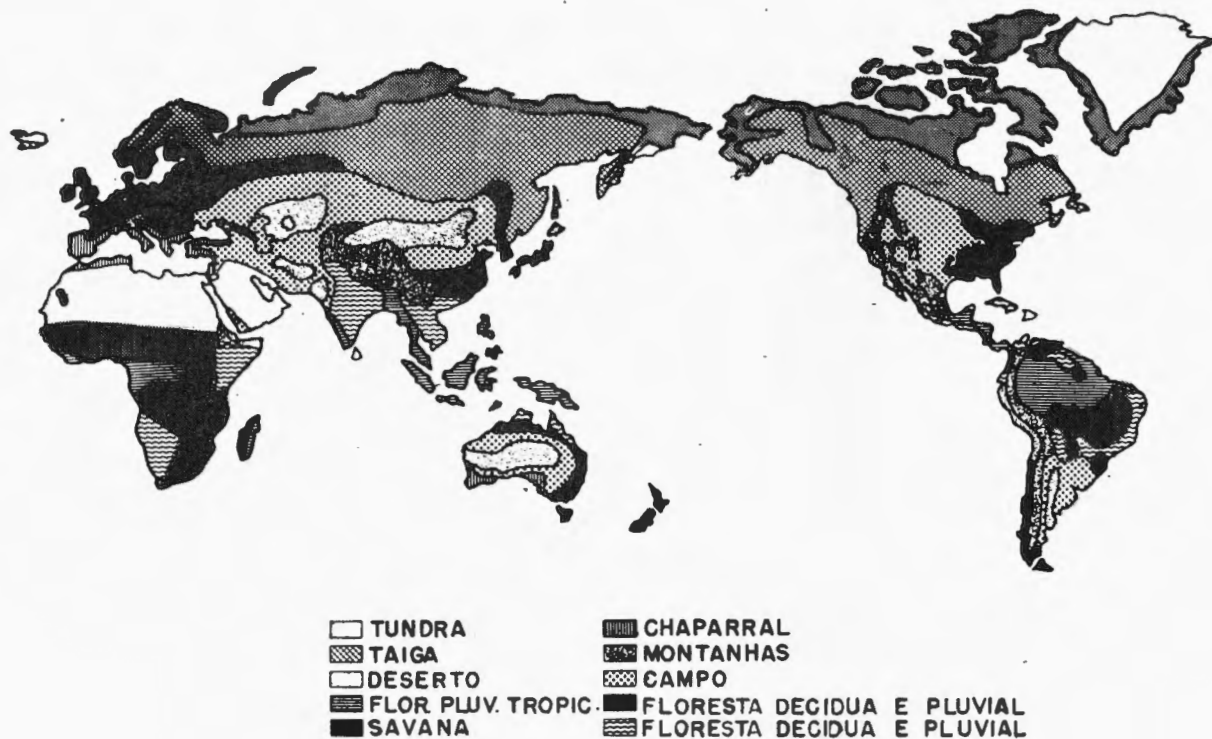


Fig. 3-5 — Os biomas do globo

freqüentemente pilosas, ou têm as bordas enroladas (adaptações contra a perda d'água). Estruturas semelhantes podem ser vistas nas regiões áridas onde a escassez de umidade é também o fator limitante.

As plantas, nessa terra de invernos frios e longos, têm períodos muito curtos de crescimento e floração. As flôres são relativamente grandes, comparadas com a planta inte-



Fig. 3-6 — Aspecto geral de uma Tundra

ra: aparecem com dramática rapidez e logo produzem sementes.

No verão, a tundra fica cheia de animais. Há hordas de aves marinhas, que se cortejam, constroem ninhos e cuidam dos filhotes. Nos anos em que há grande população de roedores, êles são vistos fugindo no meio da vegetação. Como consequência da abundância de roedores, chegam também populações de predadores, tais como lobos, raposas, doninhas, além de enxames de môscas e mosquitos.

Nos invernos da tundra, os roedores sobrevivem protegidos debaixo da neve, onde encontram suficiente alimento para permanecerem ativos.

Outros mamíferos, como certa espécie de esquilo, resistem às condições severas por hibernação. Muitas aves migram para outros climas e só voltam no verão seguinte. No inverno, as raposas e as lebres se tornam brancas, e assim se confundem com o ambiente. Os animais que permanecem ativos



Fig. 3-7 — Aspecto geral de uma taiga

(raposas, lobos) têm de suportar temperaturas muito baixas. O caribu e a rena migram, rumo sul, para a taiga.

3.4.2 A Taiga

A medida que se viaja para o sul, a partir da tundra, a estação de crescimento se torna mais longa e a temperatura mais amena, de modo que a vegetação é mais rica. Surgem grupos esparsos de árvores e finalmente florestas de coníferas, que se estendem através da Sibéria, Norte da Europa e Canadá. “Taiga”, como tundra, são palavras russas o que é apropriado, pois as maiores áreas dos dois biomas estão em território russo e foram minuciosamente estudados pelos cientistas russos.

Na taiga, os abetos e os pinheiros formam uma densa cobertura, impedindo o solo de receber luz intensa, de modo que há pouca vegetação rasteira. São também poucas as espécies de árvores decíduas que vivem aí.

Estas florestas circumpolares têm uma estação de crescimento de cerca de três meses (um pouco mais que na tundra) e as plantas e animais característicos são aves que comem sementes, alces, lobos, martas, lince, e muitos tipos de roedores. (Fig. 3-8).

A tundra e de certo modo a taiga, são comunidades simples. Na tundra há só uma camada de vegetação sobre o solo; na taiga a presença constante de árvores impede a existência de arbustos e ervas. Estas comunidades são compostas de poucas espécies, tanto de consumidores como de produtores, de modo que as relações entre elas são muito mais diretas do que no caso de comunidades formadas por número maior de espécies. Por isso mudanças de densidade da população de uma espécie influem diretamente no número de indivíduos de outras, do que resultam acentuadas flutuações. Pode-se observar isso analisando as estatísticas de caça que dão a abundância de lebres e de lince (predadores das lebres) através muitos anos (Figura 3-8).

3.4.3 Floresta decídua temperada

No hemisfério norte, ao sul da floresta de coníferas, as estações de crescimento são mais longas e a precipitação atinge de 75 a 100 cm. e é distribuída durante o ano todo. Aí se encontra o bioma das florestas decíduas. Nessas regiões a maioria dos arbustos e árvores perdem suas folhas no outono e os animais migram, hibernam ou têm adaptações especiais para as condições de inverno. Os solos estão frequentemente gelados, o que impede que a água do solo seja aproveitada pelas plantas (seca fisiológica). As florestas decíduas são encontradas principalmente entre os paralelos 30° e 60°, na parte leste dos Estados Unidos, onde a umidade do ar deriva do ar tropical que vem do Golfo do México, na Europa Ocidental e em certas regiões da China e a Manchúria.

Dentro dessa larga faixa climática, o tipo particular de floresta é determinado por fatores locais, como variações de temperatura, da quantidade de chuva, e do tipo de solo. Por exemplo, nas regiões mais secas do Meio-Oeste Norte-Americano, e nas encostas da parte sul dos Montes Apalaches, as florestas são principalmente de carvalhos e nogueiras. Em regiões mais úmidas e frias, as florestas são predominantemente de faias e bordos.

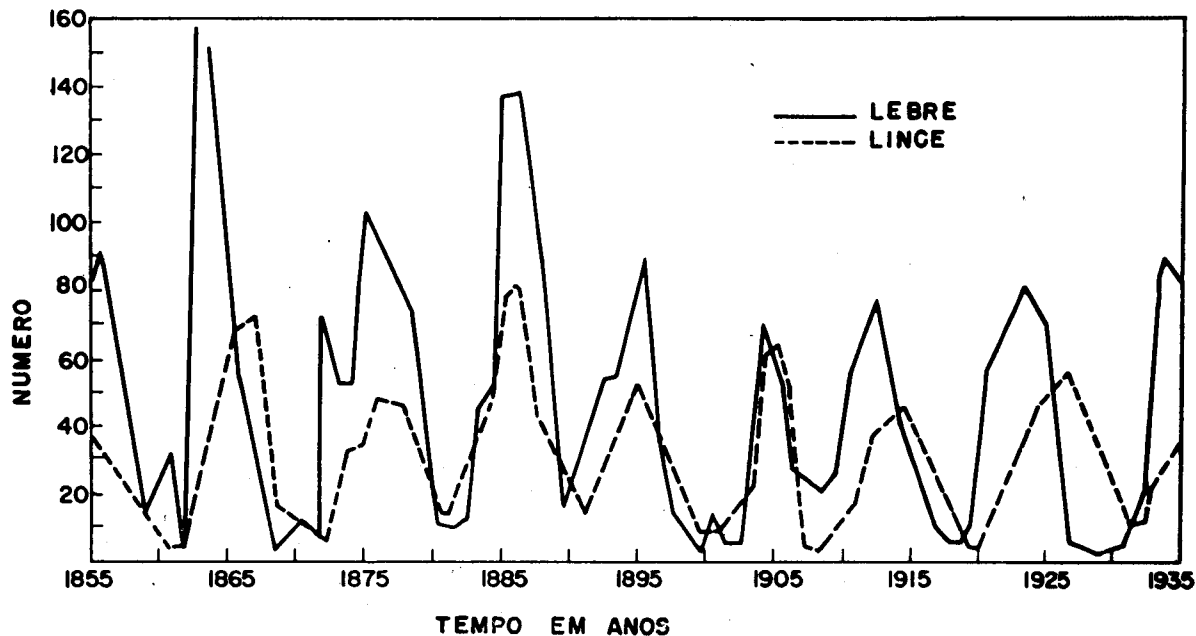


Fig. 3-8 — Flutuações através dos anos da densidade das populações de linces e lebres da taiga

3.4.4 Sucessões

Onde quer que o homem desenvolva populações densas, a vegetação original geralmente é quase toda destruída. Após uma derrubada, a floresta não se restaura imediatamente, e a vegetação secundária é composta de espécies diferentes de ervas, arbustos e árvores. Os animais que aparecem secundariamente são também diferentes dos encontrados na floresta primitiva. A medida que o ambiente se altera sob a ação desses organismos, novas espécies se instalam e tomam o lugar das anteriores. A isto se denomina uma *sucessão de comunidades*.

Mesmo quando não há mudanças violentas, a paisagem não é completamente estável. Os climas mudam com a formação e com a erosão de cadeias de montanhas. Houve períodos de frio em que grande parte da Europa e América do Norte estava coberta de gelo. Houve também períodos de calor, em que até os gêlos polares se derreteram, como se pode perceber pelos tipos de fósseis que ocorrem na Groelândia e na Antártica. Ainda não conhecemos as causas de muitas dessas mudanças, mas temos inúmeras provas de que ocorreram. A biosfera nunca é estática, e o estudo de suas modificações é importante para compreendê-la.

Há, portanto, muitos tipos de sucessão, desde as lentas mudanças que ocorrem ao longo dos tempos geológicos, até as modificações que observamos através dos anos, num campo abandonado.

A sucessão pode começar na rocha nua de uma encosta de montanha, nos bancos de areia de um rio, ou nas dunas da costa. Somente um número limitado de organismos pode viver nestes ambientes inóspitos: eles formam a *comunidade pioneira*. Pelo simples fato de viverem e morrerem aí, os organismos pioneiros alteram os aspectos físicos, químicos, e climáticos do ambiente. Adicionam matéria orgânica ao solo e retiram dele certos sais; protegem o solo contra os efeitos do sol e do vento e contra a erosão. Como consequência dessas mudanças, estabelecem-se novas espécies, que acabam por eliminar os pioneiros. Estas, por sua vez, alteram o meio, e as mudanças continuam até que surja uma comunidade estável que aí cresça e se reproduza durante muito tempo. A ela damos o nome de *comunidade clímax*.

Porém, se a floresta clímax é explorada, queimada ou de alguma maneira alterada, uma nova série de mudanças começará. É comum encontrarmos pedaços de terra que foram cultivados, mas estão hoje abandonados. Aí se instalam primeiro ervas rasteiras, que são substituídas por capim mais alto,

arbustos, pequenas árvores. Na região Amazônica e em outras partes do Brasil ainda existem florestas virgens, mas grande parte do nosso território está hoje coberto por vegetação secundária, que ilustra várias fases da sucessão.

A população de consumidores muda em função das alterações que ocorrem nas populações de produtores, tanto em sucessões naturais como nas provocadas pelo homem. E nas florestas que não foram alteradas, os consumidores primários são animais que se alimentam das árvores e de seus produtos, por exemplo, a anta, a preguiça, os veados, os tucanos e inúmeros insetos. Estes animais, geralmente muito numerosos, servem de alimento para os consumidores de segunda ordem, os predadores, como a onça, os coatis, o tamanduá, o teju, e as cobras, corujas, e gaviões. Com a derrubada da floresta, alguns desses animais desaparecem inteiramente, ou se tornam raros, enquanto alguns se adaptam às novas condições. Os animais das bordas das florestas, invadem as clareiras e encontram aí novas oportunidades. Muitas das aves que são freqüentes nos nossos parques e jardins, provavelmente pertencem a esse grupo.

3.4.5 *Floresta Pluvial Tropical*

Na zona intertropical há um grande suprimento de energia, e como vimos na nossa discussão a respeito da circulação atmosférica, as chuvas são regulares e abundantes. Esta umidade uniforme produz uma floresta luxuriante, de crescimento rápido, sempre verde, conhecida como a *floresta tropical*.

A principal característica da floresta tropical é a sua natureza estratificada. Lá encontramos árvores que alcançam mais de 40 metros e formam um dossel espesso de ramos e folhas, no topo da floresta. Debaxo dessa cobertura, pode haver outras camadas de árvores, algumas de cerca de 20 m., outras de uns 10 m. e as menores de cerca de 5 m. A luz que atravessa a copa das árvores é tão escassa que há muito menos vegetação junto ao solo.

Grande proporção da folhagem da floresta provém dos cipós que se apoiam nas árvores. Há também muitas plantas, chamadas epífitas (Figura 3-9), que vivem sobre as árvores, mas são capazes de elaborar seu próprio alimento, ao contrário das parasitas.

Nas florestas do hemisfério norte as epífitas são musgos e líquens, e, nos trópicos, são principalmente samambaias e angiospermas, incluindo orquídeas e bromélias.

Uma epífita instalada sôbre um galho de árvore tem problemas de nutrição e de obtenção de água, visto como que não tem contato com o solo. As epífitas sofreram, por isso, adaptações de vários tipos, e algumas delas são semelhantes às plantas do deserto. É o caso dos cactos epifíticos da floresta. Nas famílias das bromeliáceas, muito comum na região tropical da América, as fôlhas se dispõem formando uma espécie de cálice, no qual a água da chuva se acumula. Insetos aquáticos, e até pererecas vivem aí; portanto há uma comunidade aquática, tôda especial, sôbre as árvores da floresta tropical.

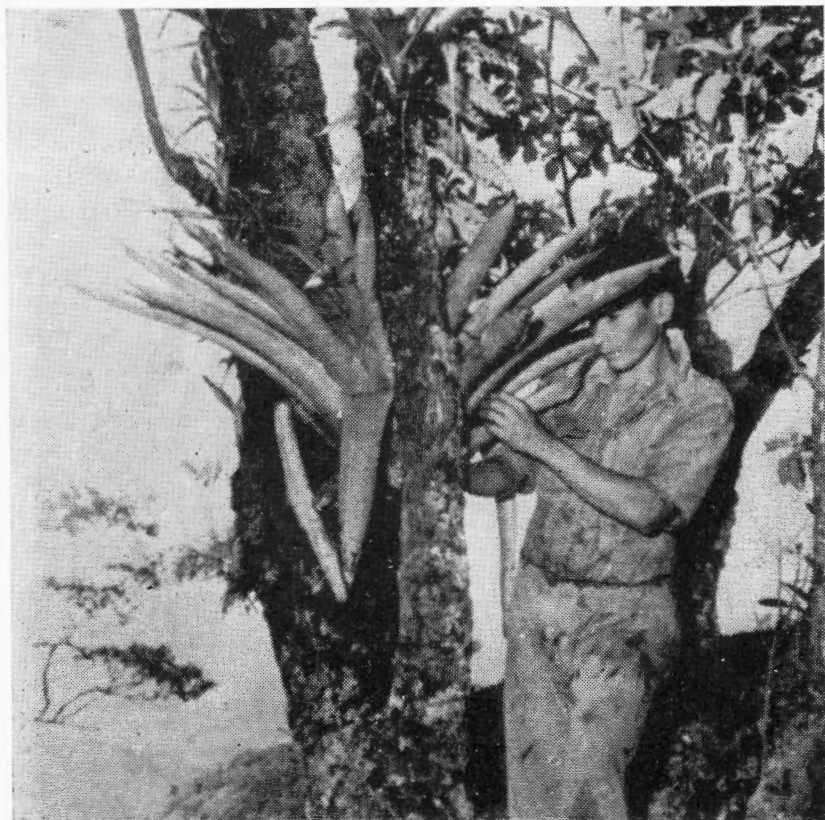


Fig. 3-9 — Epífitas

As condições físicas variam consideravelmente da parte superior para a inferior das florestas. Por exemplo, o Dr. W. C. Allee mediu a quantidade de luz que chega às diferentes camadas de uma floresta pluvial do Panamá. Obteve, na região superior da folhagem das árvores maiores, 500 vezes mais luz do que no solo; logo abaixo dessa camada, apenas 25 vezes mais, e ao nível das árvores pequenas, e só 5 vezes mais. Portanto a vegetação da floresta reduz de 500 vezes a luminosidade do sol. É claro que as plantas que vivem perto



Fig. 3-10 — Floresta tropical

do chão devem ter adaptações para realizar fotossíntese mesmo com intensidade luminosa muito baixa.

A temperatura varia muito mais no alto da cobertura, que na região próxima ao solo. A parte superior recebe energia radiante durante o dia e, como consequência, se aquece; à noite, perde rapidamente calor por radiação. Mas a temperatura na região inferior é praticamente constante dia e noite, porque a folhagem atua como isolante. A umidade também varia nas camadas superiores da floresta, enquanto que próximo ao solo, a atmosfera está sempre saturada.

Outra característica da floresta tropical é a tremenda variedade de organismos que aí existem, e a complexidade das relações que mantêm.

Numa estação biológica situada na ilha de Barro Colorado, zona do Canal do Panamá, numa área de 16 quilômetros quadrados, foram encontradas cerca de 200 espécies de árvores. Nessa mesma ilha existe tantas espécies de borboletas como no território inteiro dos Estados Unidos da América.

Uma grande proporção dos animais da floresta pluvial vive na região de cobertura, ou seja, na zona de fotossíntese mais intensa, onde há abundância de folhas, flores, e frutos. Aí encontramos insetos, aves, e todo um mundo de mamíferos, anfíbios e répteis arborícolas. Entre elas há pererecas, lagartos e cobras, macacos que comem folhas, frutos ou insetos, preguiças, tamanduás, e diversas espécies de roedores.

Os animais que vivem no chão, dependem da comida que cai das árvores, ou então de raízes e tubérculos. Entre eles se encontram veados, porcos do mato, e vários tipos de roedores. Certos predadores, como o leopardo do Velho Mundo e as onças americanas, caçam tanto os animais do solo como os das árvores.

3.4.6 Campos e Desertos

Examinamos já quatro biomas, vindo dos polos para o Equador. A base da comparação foi a variação da energia radiante; entretanto, deficiências de umidade, em qualquer região, podem dar origem a biomas completamente diferentes daqueles situados na mesma latitude, mas providos de água abundante. O exemplo mais flagrante é o das caatingas do nordeste, da zona dos cocais do Maranhão que aparecem ao longo dos rios formando matas ciliares nas áreas envolvidas pelas caatingas e da floresta amazônica, que se situam em latitudes comparáveis, mas diferem muito quanto a quantidade de água disponível. Nas regiões desérticas e de campos a massa de vegetação por unidade de área é muito menor que

numa floresta da mesma latitude. Apesar disso os campos são capazes de manter uma grande quantidade de consumidores primários.

Quando os europeus invadiram a América do Norte, o bisão e o antílope eram os únicos consumidores primários, em contraste com a grande variedade existente na África.

Em outras eras vivia, nos campos da América, uma fauna muito mais rica, da qual faziam parte vários eqüídeos, que se extinguiram sem que se saiba bem porque. Na América do Norte os campos são o hábitat de muitos roedores, que disputam com os ungulados a vegetação. Também vivem aí insetos em grande número, especialmente gafanhotos. Alimentam-se desses consumidores primários muitos outros consumidores, tais como: cobras, coiotes, aves de rapina, furões, etc.. Em regiões mais secas, os campos se transformam em desertos.

Poucas áreas da América do Norte foram inteiramente abandonadas pela vida vegetal, mas grandes extensões podem ser chamadas de desertos, porque os poucos organismos que aí vivem só se mantêm graças a adaptações especiais.

As plantas que vivem no deserto são adaptadas de modo a perderem o mínimo de água e aproveitar o máximo das chuvas ocasionais. Os cactos constituem um bom exemplo de adaptação às condições áridas. Têm o caule espessado para reservar água e as folhas reduzidas a espinhos. A fotossíntese é realizada pelos caules, que são verdes. As plantas do deserto geralmente têm grandes sistemas radiculares. Alguns arbustos têm raízes que mergulham de 10 a 30 metros no chão e alcançam o lençol de água subterrânea. Como essas plantas sobrevivem antes do sistema radicular crescer é ainda um mistério. Outras plantas têm raízes que se espalham próximo a superfície por grandes extensões e podem, assim absorver muita água durante as chuvas raras. Além dessa vegetação perene, há uma série de plantas que aparecem depois de uma chuvarada, crescem rapidamente, dão flores e sementes e morrem, para só reaparecer talvez vários anos depois, quando novas chuvas o permitirem.

A vida animal nos desertos também é restrita e especializada, porque, de novo, há o problema de conservar água. Muitos animais ficam debaixo do solo durante o dia e assim evitam o sol nas horas em que ele é mais forte. Alguns roedores são capazes de sobreviver sem beber água, utilizando a que se forma como subproduto da atividade química dos seus tecidos. O orvalho pode ser também uma fonte de água para pequenos animais.

3.4.7 *Efeitos da altitude*

O aspecto dos biomas pode tornar-se mais complexo pela presença de cadeias de montanhas. Estas tem efeitos significantes no clima e, portanto, no biota. À medida que se sobe, a temperatura abaixa numa média de 1° C. para cada 200 m. Portanto a temperatura no alto de uma montanha tropical pode corresponder à de uma região muito mais próxima do polo.

Quando o ar saturado de vapor d'água é levado pelos ventos de encontro a uma cordilheira, êle se eleva e se resfria e sua umidade se precipita sob a forma de neve ou chuva. Ao descer, o ar frio se aquece, de modo que absorve novamente a umidade do solo.

Um exemplo da influência da altitude na paisagem pode ser encontrada no oeste dos Estados Unidos da América. Na base das Montanhas Rochosas do sul, podemos encontrar desertos ou campos. Também nos planaltos isolados do sertão sêco dos planaltos brasileiros do Guarinhas em Pernambuco, ocorrem situações semelhantes. Acima, nas encostas onde as temperaturas são mais baixas e a umidade maior, há zonas de florestas de coníferas análogas às da taiga das latitudes mais extremas: finalmente, a cerca de 4.000 m, atinge-se a linha de separação entre a floresta de coníferas e a zona alpina, que corresponde às tundras circumpolares. Portanto, cada cadeia de montanhas apresenta em sua encosta uma série de estreitas faixas onde existem biomas diferentes.

3.5 INFLUÊNCIA DO HOMEM

Vejamos agora o homem, como um dos maiores agentes de mudanças ecológicas.

3.5.1 *Efeito do fogo*

A destruição dos biomas pelo fogo tem sido praticada pelo homem em todos os estágios da civilização. Nossos índios já abriam clareiras na floresta por meio do fogo, e até hoje é prática comum fazer queimadas ou coivaras para destruir o mato antes do plantio. O efeito do fogo é dos mais drásticos, pois, além de matar animais e plantas, altera a constituição do solo. Há, entretanto, plantas, como o sapé e a barba-de-bode que resistem a essas condições e que atuam como pioneiras.

Queimadas freqüentes impedem o progresso da sucessão e o estabelecimento da comunidade clímax. É possível que estas vastas regiões cobertas permanentemente por campos pudessem vir a formar florestas, se não fôsses as queimadas.

3.5.2 *Efeito da Agricultura*

Nem plantas cultivadas, nem plantas silvestres, podem estabelecer-se facilmente num campo esgotado por longos anos de cultivo intenso, pois as reservas minerais do solo foram exauridas. O homem arruína o solo com práticas agrícolas inadequadas.

3.5.3 *Comunidades urbanas e suburbanas*

O homem transformou a paisagem em grande parte da superfície terrestre. Os campos de cultura são uma consequência da atividade humana. O homem também controla as pastagens, queimando-as, semeando-as e regulando a atividade do gado. As florestas podem ser replantadas, ou, em certos casos, se restauram por crescimento secundário.

As cidades representam a transformação mais drástica da paisagem. Cobre-se o solo de asfalto, erguem-se montanhas de cimento, aço e vidro. A vegetação se restringe a árvores ao longo das ruas, jardins e parques. Mas mesmo isso é planejado e controlado para atender aos interesses do homem, e não constitui comunidades naturais.

A cidade é essencialmente formada por uma única população — a humana — e não por um sistema de populações de vários tipos que interagem. Uma comunidade biológica comum é definida, primeiro, em termos de relações de alimento entre os organismos, enquanto que o problema do alimento, na cidade, é geográfico. O alimento vem de diversas partes do mundo: trigo da Argentina, açúcar de Pernambuco, café de São Paulo, bacalháu da Europa, etc. A cidade pode ter sido construída em áreas ocupadas anteriormente por florestas ou campos, mas será difícil encontrar aí influência do bioma original.

O caráter da cidade é determinado pelas suas indústrias, sua história, a origem de seus habitantes, sua relação com as estradas, e outros fatores.

Já que, na verdade, o homem não é o único organismo existente nas cidades, estas podem ser encaradas como um

tipo muito especial de comunidade biológica, formada de indivíduos adaptados às condições urbanas. Ela não é auto-suficiente quanto à produção de energia. Como as comunidades do fundo dos oceanos, ou as das cavernas, seus habitantes dependem de alimento que vem de fora e têm de apresentar adaptações muito especiais.

A qualidade mais necessária para viver na comunidade urbana é a possibilidade de conviver com o homem. Cães, gatos e até pombos são protegidos, enquanto que os ratos e as baratas conseguem sobreviver, apesar de combatidos. Como vegetação, temos árvores e arbustos, que conseguem suportar o solo coberto e a atmosfera poluída. Temos também o mato que cresce nos terrenos baldios, ou mesmo nas frestas das calçadas.

Quando comparamos a vida da cidade com a de uma floresta ou charco, vemos que ela é limitada e de um tipo todo especial. É possível encontrar nos quintais centenas de espécies de insetos e ervas. De onde vieram elas? Quais as qualidades que possuem para aí sobreviverem?

A umidade, a composição do ar e a constituição do solo são alterados pelas condições urbanas, e há ainda muito que descobrir sobre isso.

O meio muda ao passarmos da cidade para os subúrbios. Ao redor das cidades, formou-se um tipo especial de bioma chamado de "cinturão verde". As árvores que aí se encontram são em geral favoráveis ao homem e, por isso, ele as conserva ou planta. Uma fauna especial migra para aí. Gambás visitam os galinheiros e há legiões de insetos nos jardins e quintais. A cidade é, ainda, o ambiente ideal para dezenas de espécies de bactérias e vírus que causam doenças no homem.

SUMÁRIO

Os diversos tipos de seres vivos não se distribuem ao acaso na terra, mas se agrupam em determinadas regiões. Esta distribuição depende em parte da tolerância dos organismos em relação aos diversos fatores do ambiente. Um dos objetivos dos ecologistas é esclarecer como a integração dos organismos e do meio em que vivem produzem os diversos ambientes.

As regiões climáticas resultam da distribuição desigual de energia radiante do sol e dos conseqüentes movimentos das massas de ar. Os climas assim produzidos se refletem na distribuição dos organismos.

Os tipos mais comuns de ambiente, como seus habitantes característicos são chamados biomas, que dependem da temperatura e da quantidade de chuva. Como êsses dois fatores vão variando gradualmente há também uma passagem de um bioma a outros sem barreiras precisas.

Em muitas regiões a paisagem natural foi modificada pela atividade humana, e é necessário tomá-la em consideração ao analisar os diversos ambientes.

Questões:

- 1 — Qual a dificuldade para determinar limites exatos de tolerância para os organismos?
- 2 — Que adaptações estruturais apresentam os animais e plantas da tundra?
- 3 — Faça o diagrama de uma comunidade típica da mata tropical?
- 4 — Quais as adaptações que os organismos do deserto apresentam para poderem sobreviver no seu ambiente.
- 5 — Ao construir as cidades o homem alterou condições do ambiente. Quais e como?
- 6 — Qual o principal requisito para a vida dos organismos de ambientes urbanos?
- 7 — Que organismos podem ser considerados do "biota" natural na sua região?
- 8 — Qual a relação entre a quantidade total de insolação e fotossínteses?
- 9 — Compare a tundra e a floresta tropical considerando os maiores organismos produtores e as populações que êles mantêm?

Nem as pacas nem o capim se dão muito bem mergulhadas na água. É claro que as pacas sabem nadar e provavelmente gostam de dar uns mergulhos de vez em quando no rio mais próximo. Recorrem a isto, por exemplo, para fugir dos caçadores que as perseguem. Outros animais vivem, porém, mais tempo dentro da água do que as pacas: por exemplo os jacarés e as lontras. Alguns mamíferos, embora respirem ar atmosférico, vivem sempre dentro d'água. Basta lembrar o peixe-boi dos rios Amazônicos que, puxado para o sêco, não pôde manobrar seu pesado corpo, e morre. Há animais estritamente terrestres, outros totalmente aquáticos, outros ainda que podem viver nos dois ambientes.

CAP. IV

A VIDA NA ÁGUA DÔCE

Os sapos e rãs são os exemplos mais comuns de animais que têm vida anfíbia. Seus filhotes, os girinos, nascem de ovos postos dentro d'água e de lá não podem sair, pois respiram por brânquias. Através de um processo gradual de desenvolvimento essas larvas sofrem a metamorfose que as transforma em sapos ou rãs adultos. (Fig. 4-1) Estes têm pulmões, em lugar de brânquias, e só podem respirar ar atmosférico. Mas precisam ainda ter ambiente úmido e não podem viver longe dos charcos ou lagos, onde mergulham e nadam freqüentemente. Os sapos, ao con-

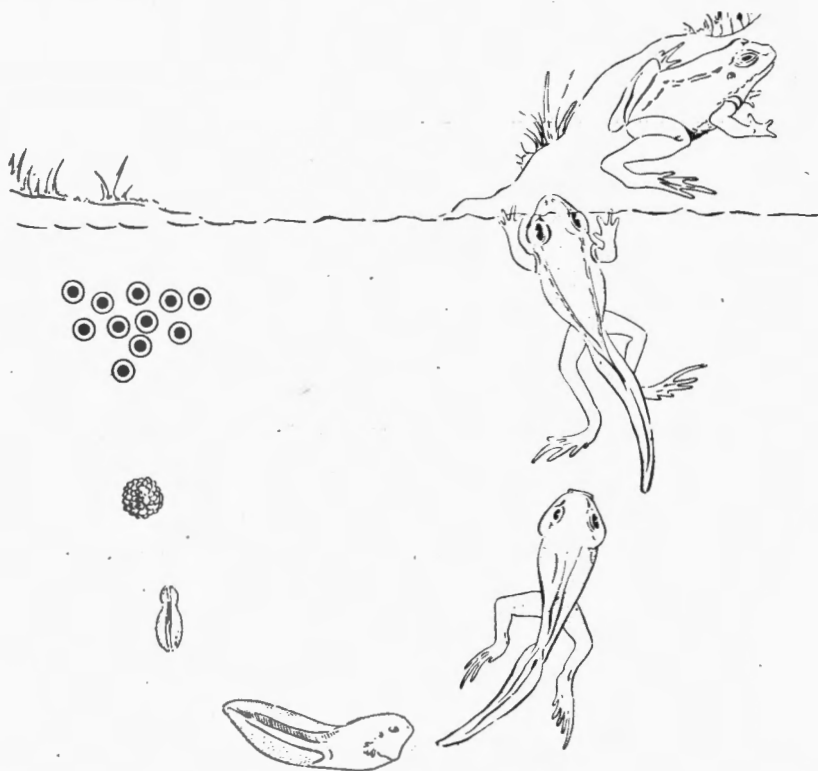


Fig. 4-1 — Metamorfose do sapo

trário das rãs, por terem pele grossa que impede perda considerável d'água, já são muito mais independentes d'água. Podem caçar insetos por muito tempo em lugares secos e só na época da reprodução têm de procurar a água para depositar os ovos. Houve tempo na história da terra em que os anfíbios eram os únicos vertebrados existentes. Por evolução, deram eles origem aos répteis que, já tendo ovos terrestres, são os primeiros vertebrados totalmente libertados do ambiente aquático. Dos répteis originaram-se as aves e os mamíferos.

Entre as plantas, as algas são tipicamente seres aquáticos. Mas algumas plantas superiores também se adaptaram à água embora em graus diversos. A elódea vive totalmente dentro d'água. Os aguapes (*Eichornia-Pontederiacae*) e a salvinia (*Pteridófito*) vivem boiando na superfície dos lagos e alagados. A Vitória Régia, e outras ninfeáceas se enraizam no fundo lodoso e suas folhas se espalham sobre a superfície da água, onde recebem diretamente a luz do sol,

para fazer fotossíntese, e ficam em contato direto com a atmosfera, com a qual trocam gases. Suas flôres só se abrem acima do nível da água podendo assim ser visitadas e polinizadas pelos insetos, mas seus ramos flexíveis só se sustentam boiando na água. Sem esta, quando o charco sêca, a planta não se sustenta e suas folhas e flôres se afundam na lama. As ninfeas pertencem, sem dúvida a comunidade aquática. Entre seus ramos vivem e se alimentam inúmeros organismos aquáticos. Suas folhas mortas contribuem com material orgânico para os decompositores que vivem na água. Sua estrutura representa uma adaptação típica à vida aquática.

Os charcos são apenas um dos tipos de ambiente da água doce: êstes formam uma série que vai desde as poças de água até os maiores lagos e rios, passando por todos os graus de tamanho de profundidade. Todos os biomas terrestres, mesmo os desertos, apresentam água numa fase ou outra, e poderíamos tratar das águas doces, como uma parte dêsses biomas. Mas embora as águas dependam de muitos modos das terras que as rodeiam, apresentam sempre características próprias. As condições do meio dependem mais das condições na água do que do bioma da região, assim o delta do Nilo é rodeado por deserto e o delta do Mississippi por florestas, mas dentro da água as condições são semelhantes. Por isso consideraremos as águas doces um meio à parte e para examinarmos as comunidades aquáticas, um charco qualquer pode nos servir para começar.

4.2 OS CHARCOS

Suponha que você está no alto de uma montanha olhando para um pântano que fica no vale. Um dos primeiros sinais de que você está perto de um charco são os enxames de mosquitos que o atormentam. Talvez em tórno de você o terreno esteja coberto de capim, com algumas moitas mais altas aqui ou ali. Mais abaixo, porém, a vegetação muda: há uma mata ao longo do riacho que alimenta o charco, vamos descer por ela. As árvores são copadas e antes delas do lado do morro existem arbustos esparsos. Atravessando o capão do mato você encontra nova sucessão entre êle e a borda da lagoa. O terreno é muito mais úmido e está coberto, junto à floresta, por um mato alto, onde predomina uma espécie que agora está em floração. Mais para borda d'água surge um capim especial antes de atingirmos as densas moitas de taboa, que sustentam, no topo de suas hastes erectas, centenas de inflorescências pardas. (Fig. 4-2). A táboa já está dentro d'água mas se eleva muito acima de sua superfície. Entre suas moitas você vê conjuntos de aguapes que boiam na

água graças as bases dilatadas que funcionam como bóias. Alguma coisa saltou junto de você: era uma perereca ame-drontada que mergulhou na água entre as hastes de taboa. O refúgio é seguro: você não a encontrará mais. Várias espécies de lavadeiras, umas pequenas e outras grandes (odonatas) cruzam o ar em torno de você. Agora a tarde vai caindo e começa a sinfonia dos sapos. Seguindo para o campo mais próximo, você resolve capturar um: mas quando você anda e faz ruído o canto pára; você pára e ele recomeça. Sendo esperto, e principalmente tendo paciência, você acabará por pegar várias pererecas com a mão, o ruído às denunciou, apesar da semelhança de côr que tem com o ambiente em que estão. Mas o canto é indispensável porque com ele os machos orientam as fêmeas para que os encontrem. Esta noite haverá muitas posturas no charco, e não será difícil encontrar na água massas de gelatina cheias de pontinhos pretos: cada ovo, fecundado fora do corpo destes anfíbios, dará em breve um minúsculo girino. Na água do charco você encontrará muitos girinos de espécies diferentes (pois apresentam côres e desenhos diversos) nadando aos bandos de entre meio com peixinhos ágeis. Tente pegar alguns e você verá como fora d'água tornam-se indefesos condenados à morte. Você não encontrou no morro nenhum desses animais do charco. Eles são o produto da água. As bordas das inúmeras lagoas e charcos que existem, espalhadas nas mais diversas regiões do país, diferem enormemente quanto a muitos detalhes. Mas pode-se sempre observar a decisiva influência da água na vegetação e na fauna. Em certos casos as associações de plantas que se sucedem entre o morro e o charco são formadas por espécies que não vivem em outras regiões; em alguns lugares a sucessão se estende por quilômetros, em outros a floresta ou a pedra nua estão quase na beira d'água. Em certos pântanos você encontrará aves pernaltas, em outros cobras ou jacarés. Há muitas variedades de biotas aquáticos: mas em todos eles você encontrará animais e plantas que dependem mais ou menos da presença da água.

4.2.1 *Relações entre as espécies*

Estivemos falando dos animais e plantas da borda enxarcada da lagoa e não dos seres que vivem dentro dela. Na verdade os dois tipos de habitantes apresentam estreitas relações. Muitos organismos que vivem fora da lagoa ou mesmo do charco dependem e se alimentam dos materiais que eles produzem. As aves aquáticas fazem seus ninhos no sêco mas passam o dia dentro d'água catando peixes e girinos. As lava-

deiras e os mosquitos se desenvolvem de larvas que vivem dentro d'água e aí se alimentam. As rãs e sapos vivem na terra, respiram ar atmosférico e se alimentam fora d'água de insetos. Mas seus ovos são fecundados dentro d'água. Os girinos que aí existem respiram por brânquias e comem algas da água: são consumidores primários. Só mais tarde sofrem metamórfose para produzir os adultos de vida terrestre, tais como as larvas de donata e mosquitos.

4.2.2 Os produtores do charco

As cadeias alimentares da água doce são muitas e variadas. Mas os produtores que vivem na água sustentam tanto consumidores aquáticos como terrestres. A lagoa e suas margens podem ser divididas em várias zonas, esquematizadas na Figura 4-3.



Fig. 4-2 — Diagrama mostrando a secção de uma lagoa

Na primeira zona, a da borda, os produtores, seja capim ou outras plantas erbáceas, estão fora d'água. Mais para dentro, vemos ervas altas, como a taboa, que, em grande parte, ficam acima d'água, mas tem as raízes presas no fundo e partes dos caules submersos. Em geral é esta a camada de produtores que mais se desenvolve embora não sejam as mais importantes do sistema de produtores na lagoa. Algumas aves, caracóis e insetos se alimentam delas. Mas elas não podem fornecer energia para a população inteira de consumidores da lagoa. Em muitos charcos e lagoas, principalmente artificiais, pode haver poucas ou nenhuma dessas plantas. Adiante delas, estão as plantas que formam grandes maciços mas não ultrapassam o nível da água. Estas também se enraizam no fundo lodoso e formam um denso emaranhado de ramos dentro d'água. Para além delas começa a água clara e fresca.

Produtores da água

Embora aparentemente clara, a água da lagoa pulula com microorganismos. Muitas variedades de seres microscópicos são aí muito numerosos: muitos se movem com seus próprios recursos, outros são levados passivamente pelas correntes d'água. Recebem, coletivamente, o nome de plancton.

A parte vegetal do plancton (fito-plancton) constitui os mais importantes produtores da lagoa. São eles que transformam a maior quantidade de energia solar em energia química armazenada nos alimentos produzidos por fotossíntese. Esta tarefa recai principalmente sobre as algas: as algas verdes, as azuis e as diatomáceas são os grupos mais importantes. (Fig. 4-4) As diatomáceas da água doce são capazes de se desenvolver em praticamente qualquer tipo de água,

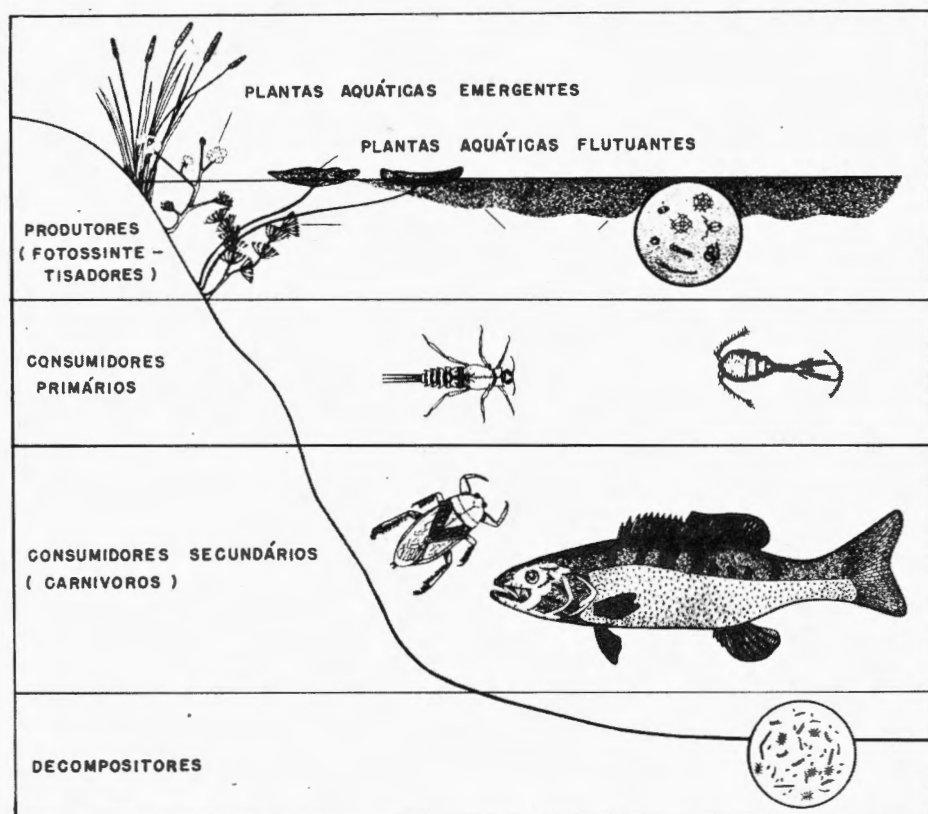


Fig. 4-3 — Zonas ecológicas de uma lagoa

a qualquer temperatura. Sua reprodução é muito rápida de modo que elas fornecem alimento abundante e podem ser chamadas as "pastagens" das águas doces.

Se você está nadando na lagoa, não tomará conhecimento desta importante comunidade; o plancton e os microorganismos que o formam também não serão perturbados por sua passagem. Dê agora um mergulho profundo para ver se você encontra formas diferentes de organismos.

Os produtores do fundo

O fundo da lagoa fica de três à cinco metros da superfície e não tem vegetação enraizada. Entretanto, aí penetra luz suficiente para manter alguns tipos de vegetal que vivem sobre o fundo lodoso, as vezes cobrindo-o completamente: trata-se de diferentes espécies de diatomáceas e algumas algas filamentosas. As diatomáceas podem ser tão abundantes à ponto de tornar a lama de coloração verde dourada. As algas filamentosas formam densas "moitas", constantemente agitadas pela água.

Enquanto você nada de volta para a margem talvez comece a pensar que uma lagoa é muito mais interessante do que lhe parecia antes, agora que você sabe alguma coisa sobre os seres que habitam. Mas o microscópio lhe revelará belezas ainda maiores.

O sistema de consumidores da lagoa

Os mais importantes consumidores da lagoa são vertebrados, insetos e caracóis. Alguns deles são visitantes eventuais, mas a maioria reside permanentemente na água. Alguns são raros outros comuns, há os que vivem nas margens, outros no lodo ou dentro da terra enxarcada. A maioria deles entretanto vive dentro d'água.

O primeiro tipo de consumidor em que você pensa são, naturalmente, os peixes. Várias espécies deles ocupam diferentes nichos na lagoa: usam alimentos diferentes e desovam em locais especiais. A maioria dos peixes vive na zona das plantas, perto das margens. É aí que encontram maior quantidade de alimento e proteção. Os peixes carnívoros maiores, vagueiam pela lagoa inteira; os bagres são os urubus da água: vivem escarafunchando o fundo a cata de restos orgânicos.

Em certas regiões são comuns as tartarugas de água doce, que são carnívoras, ou erbívoras. Muitas comem qualquer coisa que encontram: insetos, pererecas, peixes e outras

tartarugas. As cobras são na maioria terrestres, mais há várias espécies que preferem a água. Destas, a mais comum no Brasil é a cobra cipó, que não é venenosa. No norte, as enormes sucuris frequentemente se banham nos igarapés. Alimentam-se de rãs, pererecas, peixes, roedores ou qualquer outro animal de tamanho adequado. Naturalmente, não podemos esquecer os anfíbios: rãs e pererecas dos mais diversos tipos. Também fazem parte do sistema dos consumidores da lagoa algumas aves. As garças se alimentam de peixes. Vários passarinhos fazem o ninho na borda da lagoa e vivem no ambiente onde não faltam insetos para suas refeições.

Os caramujos são cidadãos proeminentes da comunidade aquática. São consumidores primários que raspam a superfície dos tenros caules e as folhas das plantas aquáticas com seu aparelho bucal triturador. Às vezes se encontram também outros moluscos, com conchas que vivem na lama do fundo, mantendo-se de matéria orgânica. A lama passa através do aparelho digestivo e é devolvida para o ambiente sendo aproveitado o material digerido. Assim a eles coube a tarefa de decompôr a substância orgânica que, se não fôsse isso, não seria aproveitada.

Se você examinar as folhas das ninfeáceas e da aguapé facilmente ouvirá ruídos que testemunham a atividade de inúmeros insetos aquáticos. Dos mais comuns são as baratas d'água, besouros de vida aquática, de corpo achatado e elegante. Os insetos da água, assim como os terrestres, ocupam inúmeros nichos. Vários deles vivem na água apenas nas fases larvárias. Muitos besouros (coleópteros), como a barata da água, e diversos percevejos d'água (hemípteros) são aquáticos a vida inteira. Entre as larvas de insetos, são comuns as de lavadeiras (odonatas) e efeméridas, mosquitos e outros insetos.

Na parte animal do plancton, são muito numerosos os protozoários, rotíferos e micro-crustáceos (Figura 4-5); entre os vegetais temos as algas verdes, azuis e diatomáceas.

Todos êsses organismos flutuam, e raramente nadam ativamente. São carregados pelas águas e à isso se deve o seu nome em grego que significa flutuador (o nome plancton foi usado pela 1.^a vez em 1887, por Victor Hansen).

Muito antes de se adotar êsse nome, a comunidade planctônica vinha sendo estudada, principalmente nos lagos suíços, e foi quando se começou a ver que êsses diminutos seres são numerosíssimos.

Da análise acurada dessas populações concluiu-se que os mais importantes produtores do charco são os organismos planctônicos que fazem fotossíntese.

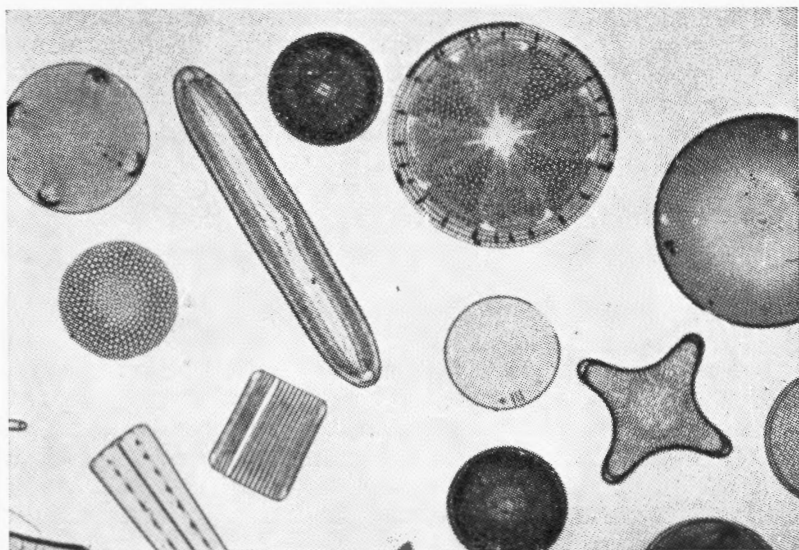


Fig. 4-4 — Diatomaceas

Nos caules e folhas submersos encontram-se amebas que capturam o alimento por meio de pseudópodos. São também abundantes as vorticelas que se prendem nas folhas ou qualquer suporte de matéria orgânica dentro d'água por meio de um pé que funciona como uma mola espiral e lança o animal sobre a presa microscópica. Os rotíferos ocorrem no plancton flutuante mas muitos se prendem às plantas ou aos detritos do fundo. Há muitos tipos de crustáceos diminutos (anfípodas, ostracodeos) que nadam para a zona da vegetação que sai da água. As hidras (celenterados) se prendem pela base nas plantas; os oligoquetas parentes das minhocas parecem fios de linha, visíveis à olho nu se contorcendo na água; as lesmas aquáticas (planárias) deslizam sobre as plantas submersas; pequenos camarões e lagostas se movem entre a vegetação.

A enorme diversidade de tipos de consumidores indica a quantidade de energia que é fixada pelo sistema de produtores e posta a disposição da comunidade aquática.

4.2.4 Os decompositores de água doce

Acumula-se no fundo da lagoa grande quantidade de plantas e animais mortos que fornecem alimento para inúmeros organismos decompositores. Os mais importantes den-

tre êstes são as bactérias, que contribuem para a circulação de importantes elementos químicos através dos organismos. Os fungos são também decompositores, e alguns são capazes de decompor substâncias duras tais como as que formam esqueleto dos insetos e o tecido lenhoso dos vegetais. Se você encontrar uma mosca ou outro inseto morto boiando, verá que frequentemente eles estão cobertos por filamentos brancos — que são as hifas de fungos. Os fungos podem ser saprófitas (sêres que vivem da matéria orgânica morta) ou parasitas.

Certos fungos aquáticos podem atacar organismos ainda vivos. Serão decompositores? No fundo da lagoa podem viver os tubifex (vermes do filo Annelida), que comem material em decomposição, mas também podem se alimentar de sêres vivos. Serão decompositores? Isto não tem muita importância. O importante neste caso é considerar que os “últimos consumidores” ou “decompositores” podem em certas ocasiões se tornar consumidores de outra ordem, mas nos dois casos obtém sua energia de consumidores.

A Figura 4-3 esquematiza alguns aspectos do ecossistema da lagoa. Preste atenção e note que os organismos não estão desenhados na mesma escala, e que eles não permanecem sempre na posição em que foram desenhados.

4.2.5 A sucessão na lagoa

As águas paradas dos charcos e lagoas são formações transitórias do ponto de vista geológico. Eles se formam quando o sistema normal de drenagem da terra fica interrompido por causa da elevação brusca do terreno (durante tremores de terra) ou por variações que se processam muito lentamente através de longos períodos geológicos. A história de uma lagoa pode ser muito longa mas está sempre em evolução. A tendência geral é o seu desaparecimento final pois ela vai sendo constantemente aterrada por sedimentos que as águas trazem das elevações vizinhas.

Podemos observar as diversas fases da história de uma lagoa estudando muitas delas que se encontram em estágios diferentes. Os açudes que construímos no nordeste, exemplificam o início do processo. No outro extremo — o fim da história da lagoa — é testemunhada por baixadas úmidas de solo ricamente humoso que o fazendeiro explora com grande lucro. Tais baixadas frequentemente foram lagoas e às vezes fundas em períodos geológicos anteriores.

No açude artificial o plancton é o primeiro sistema de produtores a se desenvolver. Quando seus cadáveres começam a enriquecer o fundo das margens com material orgâ-

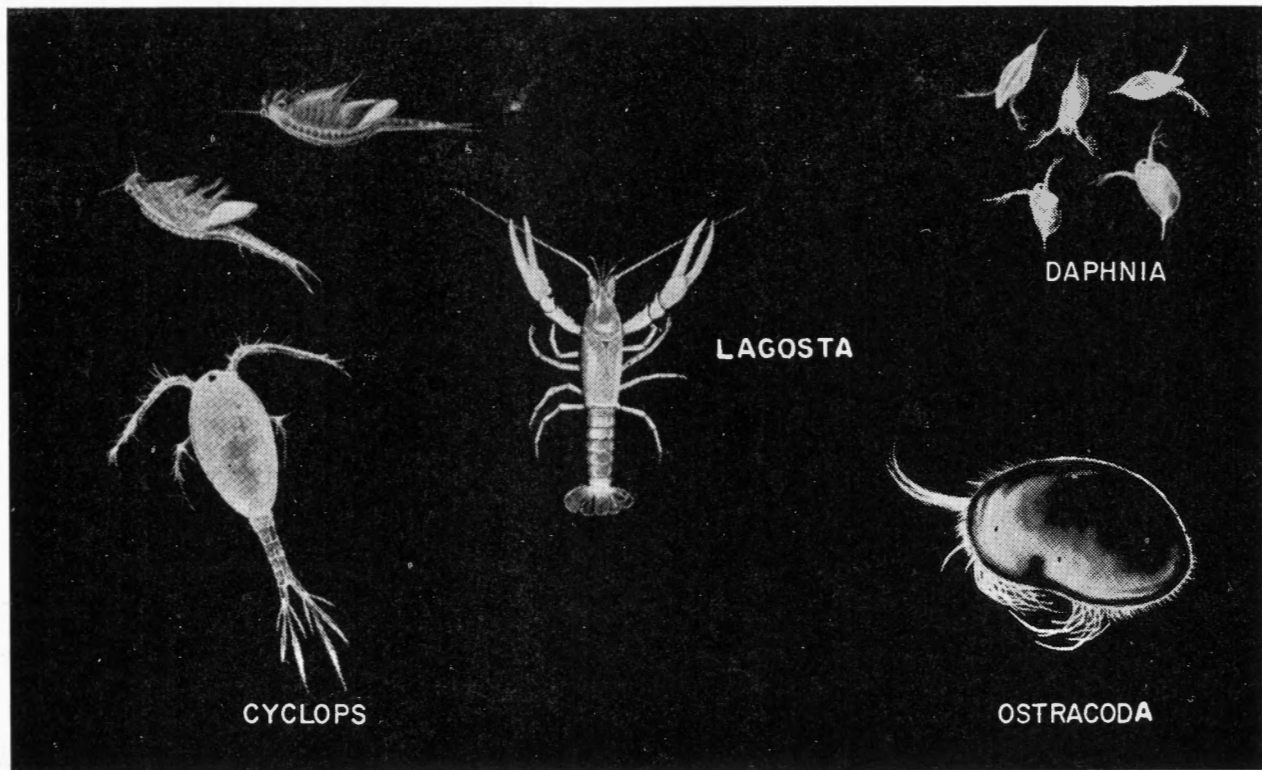


Fig. 4-5 — Crustaceos

nico, a vegetação aquática pode aí se estabelecer. Suas folhas e caules mortos aumentam o humus do fundo, e de ano para ano, a vegetação avança das margens para dentro. Na borda, onde um dia estavam as plantas aquáticas pioneiras, começam a se estabelecer arbustos lenhosos e depois de certo tempo, árvores. O terreno se eleva graças ao depósito de matéria vegetal e finalmente onde estavam de início as plantas aquáticas fixam-se arbustos e árvores e o que era, de início, o charco marginal se transforma em terra firme. Através desse processo de sucessão, todos os lagos e lagoas tendem a extinção (Figura 4-6). Todos os charcos e a maioria dos lagos tendem a se desaparecer.

4.3 PROBLEMAS DA VIDA NA ÁGUA DOCE

Do mesmo modo que nos outros biomas, a vida na água doce apresenta inúmeros problemas. Os depósitos de água doce são descontínuos no tempo como no espaço. As lagoas, como vimos, se formam e desaparecem; os rios são limitados pelas suas margens montanhosas e na foz, pela água salgada. O primeiro problema, portanto, que os seres tem de enfrentar, diz respeito à sua dispersão para rios ou lagos diferentes.

A água, quer doce quer salgada, é muito mais densa do que o ar, e isso se reflete nas adaptações que seus habitantes apresentam. Comparemos os animais que voam com os que nadam. O impulso que recebemos de baixo para cima quando mergulhamos na água, compensa grande parte do nosso peso, enquanto que o impulso análogo que recebemos quando mergulhamos no ar é praticamente desprezível: eis porque você pode aprender a nadar mas nunca voará como os pássaros. Em compensação dada a resistência d'água, é muito mais difícil nadar depressa do que voar depressa. Por isso é muito mais importante para os animais aquáticos do que para os que voam que a forma do corpo seja esguia, de modo a tornar menos importante a resistência do meio.

A diferença de densidade que existe entre o ar e a água tem muitas consequências: veja se você consegue fazer uma lista delas. Porque será que não existe um plancton aéreo? Ou será que podemos admitir que existe? Diferem muito as velocidades com que os animais voam, correm na terra e nadam? Como são os membros dos animais aquáticos em comparação com os dos terrestres? Quais as diferenças principais entre um elefante e uma baleia?

O problema de dispersão de um sistema de águas para outro é sério para os animais estritamente aquáticos. Para os anfíbios esse problema é muito simples, e talvez seja por

isso que eles existem por toda parte. Mas, consideremos uma barata d'água. Como podem elas invadir uma nova lagoa que se forma? Por outro lado, as lavadeiras de vôo rápido e poderoso, são encontradas até nas lagoas e ilhas oceânicas remotas. Porque encontramos larvas de mosquitos em poças d'água de duração efêmera (e até na água da chuva que se acumula em latas velhas) e não encontramos aí baratas d'água?

Muitas plantas aquáticas e microorganismos formam esporos, sementes ou brotos que podem secar, junto com a lama, e são levadas pelo vento de mistura com a poeira. Assim podem ser disseminadas para lugares remotos e invadir outras coleções de água.

Vários organismos aquáticos são disseminados pegando caronas nas patas de aves aquáticas e assim visitando várias lagoas. Muitos animais entretanto não têm meios para mudar de ambiente, como no caso de peixes e moluscos. Um sistema de riachos e lagoas que apresentam conexões terá portanto espécies características desse tipo de ambiente. Quando as conexões desaparecem, as espécies desse tipo não existem.

Na terra os organismos correm o risco de perder mais água do que o protoplasma pode suportar. Na água doce o problema é inverso, o protoplasma pode se tornar diluído demais, se acumular a água vinda do meio exterior.

Alguns organismos tem sistemas que "bombam" a água para fora, como de navios que tem o casco furado. Outros seres dispõem de estruturas que tornam mais lenta a entrada da água, por exemplo o duro exoesqueleto de insetos ou crustáceos, e o muco que reveste os corpos das enguias, salamandras, etc.

Mas uma certa quantidade de água é necessária para a sobrevivência, principalmente por causa do material dissolvido nela (oxigênio por exemplo). A existência de seres da água doce é uma indicação que o problema foi solvido, embora os biólogos ainda não saibam como.

4.4 CLASSIFICAÇÃO DOS AMBIENTES DA ÁGUA DOCE

Os limnologistas (que estudam a vida na água doce) distinguem entre comunidades de água parada e de água corrente. As águas paradas podem formar acumulações dos mais diversos tamanhos, desde pequenas poças de água até os lagos maiores.

As lagoas e lagos diferem muito em tamanho, profundidade, transparência da água, salinidade e idade geológica. O maior de todos os lagos em nosso planeta é o mar Cáspio, que, na verdade, é um braço de mar, que foi isolado do ocea-

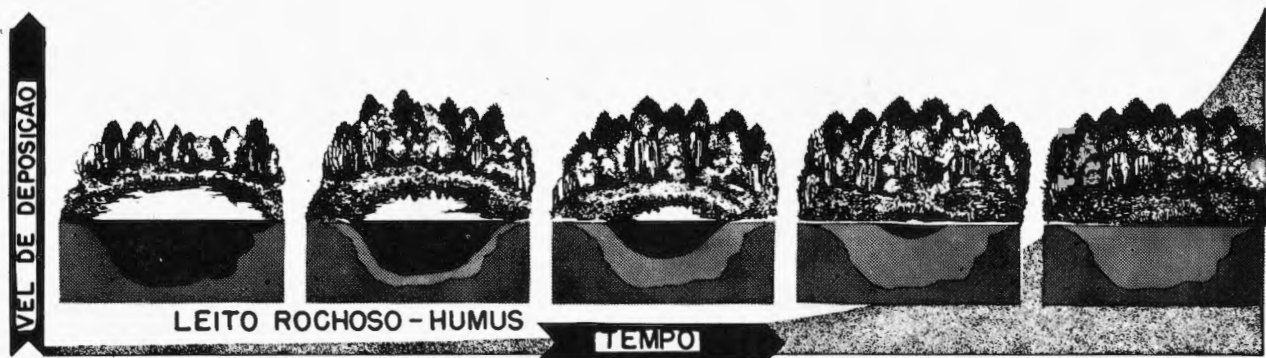


Fig. 4-6 — Todos os lagos e lagoas estão destinados ao desaparecimento

no em épocas passadas. Como êle não tem saída para o mar, reteve uma alta salinidade, e as proporções de sais que contém são hoje diferentes das que existem nos oceanos. Ao longo da costa brasileira principalmente no estado da Guanabara (Lagoa Rodrigues de Freitas), no estado de Rio de Janeiro, e no Rio Grande do Sul, muitos lagos costeiros se formaram, alguns já totalmente isolados do mar, outros ainda não. Os lagos salgados derivaram do mar. Se um lago não tem nenhuma saída, os sais drenados do terreno em torno aí se acumulam. Esse processo é acelerado pela grande evaporação nas zonas áridas, de modo que a água pode ficar completamente saturada de sais, como é o caso do Grande Lago Salgado do estado de Utah (E.U.A.). As condições de vida aí são inadequadas para a maioria dos organismos.

A maior coleção de água do mundo é o lago Superior, que fica entre os Estados Unidos e o Canadá. Cobre uma área de 82.500 km² e tem uma profundidade máxima de apenas 410 m. Os lagos mais profundos do mundo são o Baikal, na Sibéria e o Tanganica na África (com 1754 m e 1449 m respectivamente). Esses lagos são também muitíssimo antigos, (Figura 4-7), e ilustram um ponto interessante. O Baikal tem uma fauna especial adaptada as condições de correntes de sua grande profundidade, enquanto no Tanganica, nenhum animal vive à mais de 60 m. Isso se explica porque a circulação da água, no Baikal, leva oxigênio da superfície para suas partes mais profundas, enquanto que no Tanganica a água é muito mais estagnada e o oxigênio não atinge as profundidades. A circulação entre a superfície e o fundo é produzida pela alternância das estações frias e quentes. A quatro graus Centígrados a água atinge sua maior densidade e portanto afunda, forçando a água que está por baixo a se elevar. Por isso, nos lagos que estão em latitudes altas, há uma circulação semi-anual d'água. Nos trópicos, onde ocorrem pequenas mudanças estacionais de temperatura, essa circulação não existe. Em consequência, o oxigênio só penetra superficialmente, por dispersão e mistura feita por ondas superficiais. Isso explica as diferenças nos biotas dos lagos da zona tropical em comparação com os da zona temperada.

4.5 OS RIOS

A maior parte d'água que se precipita sobre as terras corre para regiões mais baixas carregando consigo muito material de erosão. As torrentes, nas montanhas cavam, assim, leitos profundos e relativamente retilíneos; são águas turbulentas e claras. Como a maior parte da água das torrentes nasce de fontes subterrâneas, sendo mais quentes, podem

conter quantidade maior de oxigênio. Além disso, as inúmeras cascatas e quedas d'água tornam a água das torrentes turbulenta e arejada. Os mais importantes organismos produtores que nelas vivem são algas filamentosas e diatomáceas que podem se prender às rochas que formam o leito. O plancton, tão abundante nas lagoas, está ausente. Porque? Acumula-se muito pouco alimento na água, visto como tudo que não é imediatamente aproveitado é carregado torrente abaixo.

Os organismos que vivem nas torrentes evidentemente devem apresentar adaptações especiais. Elas dizem respeito tanto à estrutura quanto ao comportamento. As larvas de certos mosquitos que vivem nas torrentes tem de se manter nas pequenas zonas de água parada que se formam atrás de pedras ou entre as raízes de plantas; se são levadas pelas correntes, estão perdidas. Para defender-se contra esta eventualidade, essas larvas apresentam comportamento diferente da maioria das larvas de mosquitos. As larvas comuns saltam da superfície para o fundo sempre que uma sombra passa sobre a água: essa é chamada "reação de perigo". As larvas que vivem nos remansos das torrentes não têm essa reação, não ficam "alarmadas". Isto é muito conveniente porque, se afundassem poderiam ser carregadas por correntes do fundo.

As adaptações estruturais são muito evidentes. Entre elas estão as patas e os corpos achatados, a presença de garras ou ventosas para fixação (ex: sanguessugas) e as linhas esguias do corpo.

Material orgânico está sendo levado à torrente sempre que chove, e serve como suprimento de energia para os seus habitantes. Mas as substâncias devem ser usadas imediatamente, senão a água as carrega.

A torrente pode ser comparada à tundra pela simplicidade da sua organização, e pela conseqüente instabilidade da sua população. Como na tundra, modificações numa espécie, como a de alguns insetos por exemplo, afetará um grande número de peixes. Quando o suprimento do alimento é restrito a poucas possibilidades, o decréscimo de uma fonte deixa poucas alternativas, na "cadeia alimentar".

Curso médio dos rios

Na região mediana, os rios geralmente se movem mais lentamente. Os seus leitos são mais largos, e o volume de água é maior. Sedimentos são depositados, e o material orgânico possibilita a vida dos decompositores. Como há alimento

abundante e a água é relativamente parada, plantas com raízes podem se fixar.

A luz do sol, aumenta a possibilidade de realização de fotossíntese e aquece a água, favorecendo de dois modos o aumento da produtividade biológica nestas regiões. Aparece um grande número de consumidores, no fundo temos caramujos, caranguejos, sanguessugas e larvas de insetos. Dependendo desses consumidores há os de um outro grau, como os peixes, tartarugas, etc. (e algumas sanguessugas parasitam à estes).

Na cabeceira dos rios, uma grande quantidade de material é incorporada à comunidade aquática, mas muito pouca é devolvida. Na região intermediária porém há um intercâmbio ativo entre os dois ambientes: a terra contribue com material orgânico e inorgânico mas nas margens, sapos, cobras, garças, etc. dependem do rio. Desse ponto de vista, o rio agora é muito semelhante aos charcos e lagoas.

Curso baixo dos rios

Ao se aproximar da desembocadura o rio se move mais e mais vagarosamente. Material vai sendo depositado nas margens, e podem se formar bancos mais altos que os terrenos ao redor. É difícil delimitar exatamente o ambiente terrestre e aquático.

A grande quantidade de sedimento na água impede a realização da fotossíntese, porque a luz não penetra, portanto não crescem plantas nessa região. Quanto mais o rio se aproxima do mar, maior a variedade de consumidores, e na região de contacto com o mar há uma comunidade especial, por causa do aumento da salinidade.

No curso baixo dos rios muitas modificações aparecem. Que efeito tem, no curso do rio e em seus habitantes, os terrenos mais planos? Muitos organismos que não podiam viver nas águas cascadeantes das torrentes existem em abundância nas águas plácidas dos rios de planície. A riqueza maior em material nutritivo permite maior abundância de habitantes.

4.6 A INFLUÊNCIA DO HOMEM SOBRE AS COMUNIDADES DE ÁGUA DOCE

O homem tem modificado em larga escala o curso das águas continentais e nós aqui discutiremos alguns desses efeitos.

Lagos e reservatórios artificiais

Um dos exemplos mais impressionantes é o dos açudes imensos que os brasileiros construíram no nordeste para combater as agruras da seca. Em muitas partes do mundo enormes barragens controlam hoje imensas massas de água para produção de eletricidade e alimentação dos sistemas de irrigação. Essas represas são muito procuradas como áreas de recreio. Além de criar represas e açudes, o homem tem tentado interferir nessas comunidades que se instalam, para seu próprio benefício. Em muitos países os especialistas estudam as condições da água e nela introduzem espécies apropriadas de peixes para a pesca esportiva. Mas um exemplo mais interessante, é o do que tem conseguido o serviço de piscicultura do nordeste, encarregado de povoar os inúmeros açudes da região. Várias espécies locais são criadas em laboratórios e os alevinos (filhotes dos peixes) são lançados aos milhões nos açudes. O mais importante, porém, do ponto de vista econômico, foi a introdução nos açudes nor-

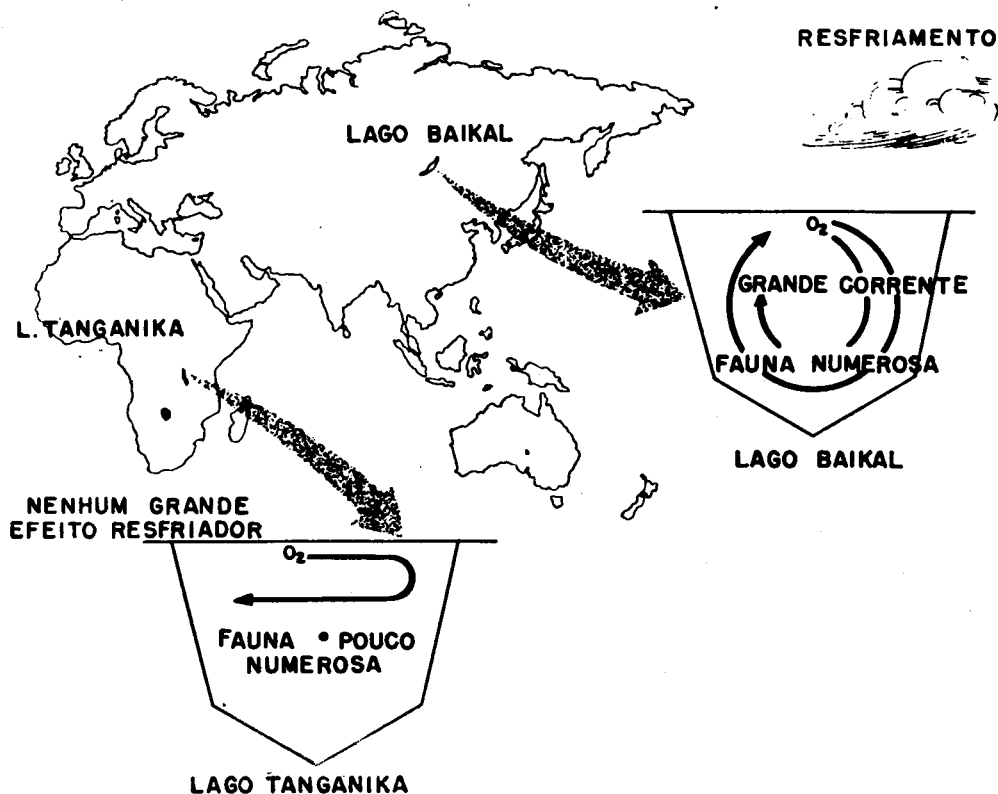


Fig. 4-7 — Comparação das correntes no lago Tanganica e no lago Baikal

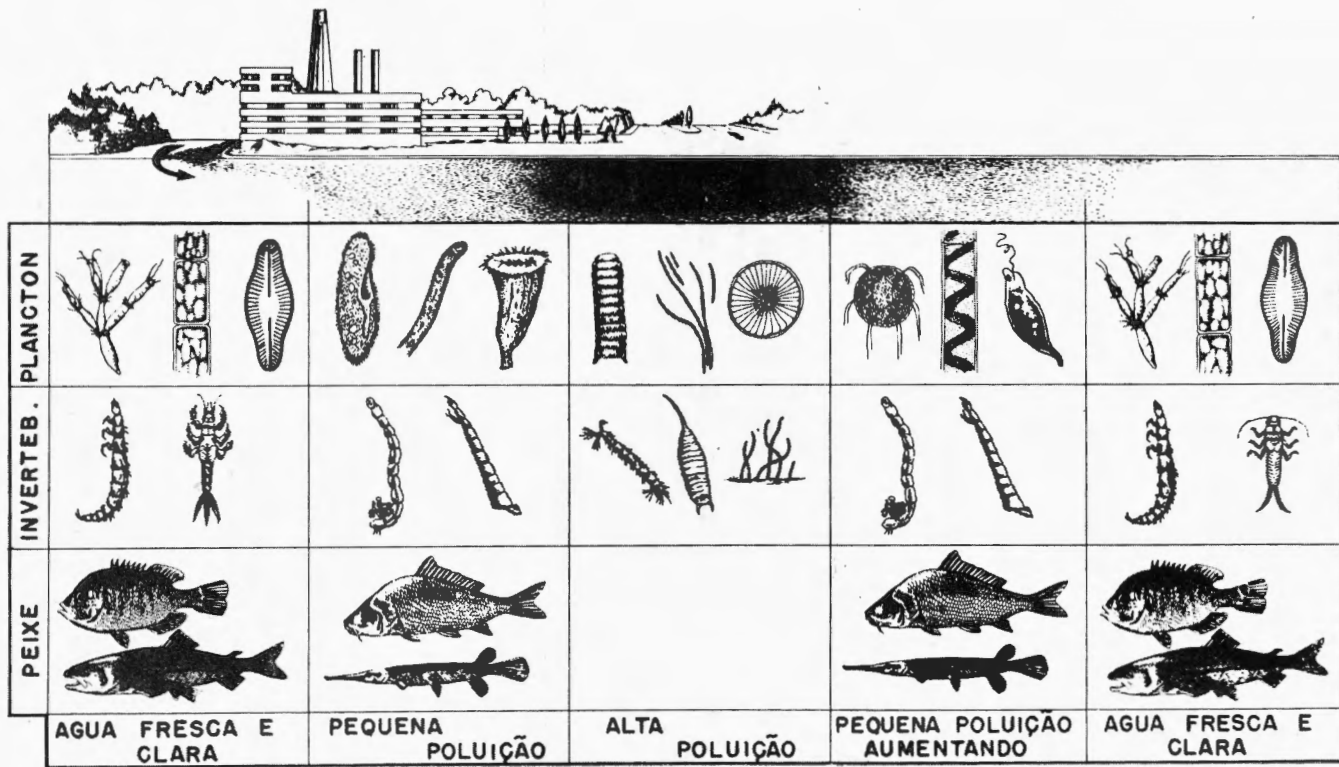


Fig. 4-8 — A poluição pode causar a diminuição de oxigênio o que é prejudicial aos animais que o necessitam em grande quantidade.

destinos do enorme pirarucu amazônico. A espécie se adaptou perfeitamente ao novo ambiente e se multiplicou consideravelmente. Hoje, graças a isso, uma nova fonte de proteínas se juntou à alimentação do nordestino: a carne do pirarucu.

Algumas vezes é conveniente introduzir fertilizantes especiais para incrementar a produção do fito-plancton em certos lagos artificiais. Isto permite um aumento rápido dos consumidores primários que fornecem alimento aos peixes.

Poluição

Por outro lado, o homem tem interferido drasticamente nas comunidades naturais dos rios, introduzindo nêles os produtos de esgoto das cidades e os resíduos, muitas vezes venenosos, de suas fábricas. A água que contém essas substâncias é chamada poluída. Isto constitui um problema grave para os que querem evitar que enormes massas de água, que poderiam ser altamente produtivas, se tornam praticamente estéreis.

Já vimos que o homem usa água para afastar os materiais indesejáveis das cidades e centros onde vive. Dêse modo bactérias patogênicas de uma cidade podem ser levadas à outra. Os indivíduos que vivem no curso de água também são afetados pela poluição quando o material é colocado em grande quantidade, embora em certos casos quando a quantidade é menor sirva de fertilizante. (Fig. 4-8).

Atualmente há o perigo de poluição pela água que foi usada em reatores atômicos, e na subsequente concentração da radiação por certos organismos. Muitos biólogos estão atualmente trabalhando na pesquisa dos efeitos das radiações nesses organismos.

SUMÁRIO

Fizemos uma revisão geral das formas de vida que aparecem nas águas doces dos charcos, lagos, torrentes e rios. De novo, encontramos organismos produtores, que variam muito de um ao outro desses ambientes, e o sistema de consumidores que também varia.

Hoje o homem consegue por à seu serviço não apenas a energia das águas correntes, mas também interfere com os organismos que nelas vivem. Por outro lado, o uso intensivo das águas correntes como vias de transporte na civilização moderna criou problemas graves para conservação das comunidades aquáticas que nos são tão úteis.

Questões:

- 1 — De que maneiras uma lagoa pode influenciar o ambiente a seu redor?
- 2 — Qual o papel desempenhado pelo fito-plancton na vida da comunidade do charco?

- 3 — Faça o diagrama de uma "rede alimentar" indicando as relações entre consumidores e produtores em uma lagoa?
- 4 — Como os decompositores contribuem para a manutenção da vida no charco?
- 5 — Construa uma tabela indicando seis organismos que ali vivam e indique os meios como esses organismos podem passar de uma lagoa para outra.
- 6 — Como o homem alterou o estado material das águas doces e dos seus habitantes?
- 7 — Descreva uma lagoa da sua região.
- 8 — Como pode o homem resolver os problemas decorrentes da gradual deposição de material que vai enchendo as lagoas e charcos?
- 9 — Comparando-se 2 riachos vemos que um deles apresenta formas variadas de animais e plantas e plancton em grande abundância. No outro só algumas larvas de inseto, algas e pouquíssimo plancton. Descreva o ambiente ao redor dos dois riachos.
- 10 — Depois de um programa de extinção dos peixes por envenenamento num lago norte-americano, êste foi repopulado com peixe adequado à pescarias de esporte, mas em lugar de serem produzidos peixes de tamanho adequado, nasceram muitos e pequenos. Como você explica a situação?

CAP. V

A VIDA NOS
MARES

Cêrca de 5% da superfície da Terra é coberta pelos oceanos. Além disso, a profundidade média dos oceanos é muito maior que a altitude média dos continentes embora a altitude das maiores montanhas (Monte Everest, com cêrca de 8.800 m) sejam comparáveis às maiores profundidades oceânicas (Fossa das Marianas, no Pacífico, com cêrca de 11.000 m). Calculou-se que, (Fig. 5-1) se a superfície sólida do globo fôsse totalmente nivelada, aterrando-se os mares com os materiais tirados dos continentes, nosso planeta ficaria uniformemente coberto por uma camada de água de uns 2,5 km de espessura (Figura 5.1).

A 23 de janeiro de 1960, Jacques Piccard e Don Walsh alcançaram o fundo da Fossa das Marianas, num batiscafo chamado "Trieste". Assim, o homem alcançou a última fronteira dos abismos oceânicos. Este feito tem maior significação do que a primeira escalada do Everest, pois representa a conquista total de um dos principais biomas do planeta. A história dêste glorioso mergulho foi relatada por Jacques Piccard e Robert Dietz no livro "Seven Miles Down", no qual também se explicam os princípios em que se baseia a construção e o funcionamento do batiscafo.

Os biólogos de hoje acreditam que a vida começou nos oceanos

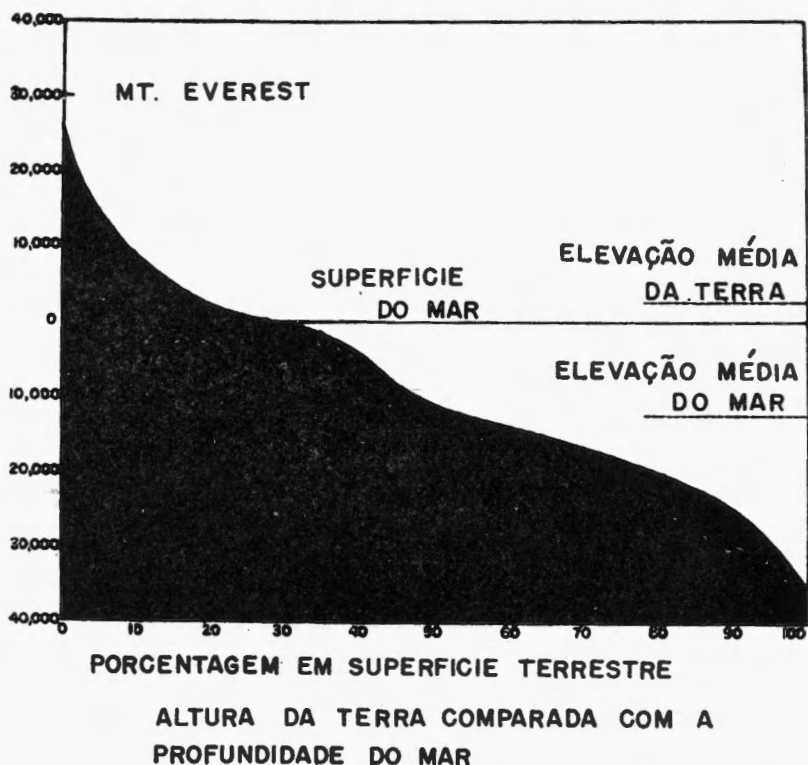


Fig. 5-1 — Comparação entre a altitude dos continentes e a profundidade dos oceanos

Ainda mais, a maioria dos filos e classes de seres vivos tanto animais como vegetais, sem dúvida se originaram na água salgada, que ainda hoje contém a maior variedade de tipos de organismos. Dos grupos vegetais, somente os briófitas (musgos) e traqueófitas (plantas vasculares) são encontradas principalmente na terra e na água doce. Dos animais, os únicos grupos que se originaram na terra são provavelmente os miriápodos, os insetos e as classes de vertebrados que descendem dos anfíbios (répteis, aves e mamíferos).

Há maior número de espécies terrestres do que marinhas, porque os dois grupos que contam com maior número de espécies são angiospermas e os insetos. Por exemplo, dentre todas as ordens de seres vivos a dos besouros (coleópteros) é a que tem maior número de espécies — centenas de milhares. O número de espécies de besouros é provavelmente maior do que o número total de espécies de animais e plantas que vivem nos mares. Mas as espécies de besouros não dife-

rem extremamente umas das outras. Sua variação contudo, nada é, comparada com a diversidade que se encontra nos mares, onde vivem seres tão diferentes como diatomáceas, esponjas, camarões, polvos, tubarões, e baleias.

De um certo ponto de vista, portanto, os oceanos constituem a parte mais importante do planeta mas nós — animais terrestres — dificilmente reconhecemos isto. Para nós o ambiente terrestre continua a parecer o mais importante e significativo. É verdade que o homem tem viajado na superfície dos mares por muito tempo — principalmente próximo das costas — e os povos polinésios e os Vikings realizaram incríveis feitos de navegação em épocas remotas. Também, muitas populações litorâneas aprenderam a extrair grande parte do seu alimento dos mares. Mas nossos conhecimentos sobre a vida nos oceanos estavam, até bem recentemente, limitados à superfície e às águas costeiras.

5.2 HISTÓRIA DOS MARES

A distribuição geral dos mares e continentes, segundo a maioria dos geólogos, permaneceu quase a mesma durante os dois ou três bilhões de anos durante os quais os seres vivos se desenvolveram. Houve, é verdade, enormes flutuações nos limites entre mares e terras, claramente demonstradas pela presença de jazidas de fósseis marinhos mesmo em altas montanhas. Mas isto testemunha apenas os avanços e recuos dos mares sobre os atuais continentes e não mudanças fundamentais de disposição das massas continentais. Parece certo que os atuais continentes nunca foram totalmente cobertos pelo oceano, e que os atuais abismos oceânicos tenham formado algum dia continentes, hoje perdidos.

Sabe-se hoje, que o nível dos mares não se mantém constante através dos tempos geológicos, nem o volume total das águas oceânicas foi sempre o mesmo. De fato, se a água que fica bloqueada, sob forma de gelo nas geleiras que cobre o continente da Antártica, a Groenlândia, e outras áreas menores, e que forma as geleiras se derretesse — e parece que presentemente elas se estão derretendo lentamente — a quantidade de água adicionada aos oceanos elevaria o nível dos mares de cerca de 20 m. Isso não é muito em comparação com o volume total das águas dos oceanos, mas seria suficiente para causar drásticas mudanças na linha das costas. Sobraria pouco da península da Flórida e muitos lugares como Copacabana e a cidade de Santos ficariam submersos.

No passado, o nível do mar variou, provavelmente, cerca de 90 m entre os períodos de glaciação máxima e mínima.

As alterações do contorno dos continentes, causadas pelo levantamento de montanhas, erosão e mudanças do nível dos mares, tiveram grande importância na história dos organismos terrestres. A América do Sul esteve por vezes desligada da América do Norte em ocasiões em que o istmo do Panamá estava submerso. O Alaska e a Sibéria formaram, algumas vezes, uma só terra contínua, e outras vezes estiveram separadas, como hoje, pelo Estreito de Bering. Só podemos compreender a história dos organismos terrestres levando em conta êsses fatos e as alterações climáticas que têm ocorrido nos extremos dos dois hemisférios.

Mas, do ponto de vista da história da vida nos mares, essas mudanças tiveram pouquíssima importância. Montanhas e geleiras surgiram e se foram, mas o mar continuou quase o mesmo.

Antigamente os geólogos supunham que os oceanos eram no início de água doce e que só gradualmente receberam os sais, resultantes da erosão da terra.

Partindo de algumas medidas e várias suposições pode-se calcular que uns 3 bilhões de toneladas de material são carregadas, anualmente, da terra para os mares. Sabendo-se a quantidade de sais hoje existente na água do mar, é possível calcular quanto tempo foi necessário para que ela se acumulasse.

Mas parece que êsse material anualmente adicionado ao mar, não tem efeito apreciável na composição da água do mar. De acôrdo com êsses cálculos, alguns milhões de anos bastariam para que o mar, inicialmente de água doce, atingisse a salinidade presente. Ora, há muitas provas de que o mar era salgado há muito mais tempo. Onde os sais resultantes da erosão se acumularam em lagos sem saída, como no caso do Lago Salgado (E.U.A.) e no Mar Morto, a quantidade de sais na água é muito diferente do que se encontra nos oceanos. Em resumo, a salinidade dos mares não resulta de uma mera acumulação de substâncias levadas da terra. Resulta, ao contrário, de um equilíbrio. É verdade que está constantemente entrando material nos mares, mas também muitos sais dissolvidos são absorvidos pelos organismos marinhos e se depositam no fundo, com os seus cadáveres. A água do mar é o maior meio em que êsses seres vivem, mas sua composição também resulta, em grande parte, da atividade dêles. Assim como a atmosfera, os mares teriam indubitavelmente uma composição muito diferente se não fôsem os seres vivos.

ELEMENTO	PORCENTAGEM	
CLORO	18,9 8	
SÓDIO	10,5 6	
MAGNÉSIO	,2 7	
ENXOFRE	,8 8	
CÁLCIO	,4 0	
POTASSIO	,3 8	
BROMO	,0 6 5	
CARBONO	,0 2 8	
ESTRONCIO	,0 1 3	
BORO	,0 0 5	
SILICIO	,0 0 3	
FLUOR	,0 0 1	
NITROGENIO(comp)	,0 0 0 7	
ALUMINIO	,0 0 0 5	
RUBIDIO	,0 0 0 2	
LITIO	,0 0 0 1	
FÓSFORO	,0 0 0 1	
BÁRIO	,0 0 0 0 5	
ODO	,0 0 0 0 5	

Fig. 5-2 — Elementos em solução na água do mar

5.3 A ÁGUA DO MAR

Em média, a água do mar contém cerca de 3,5% de sais dissolvidos. Esta é, em geral, a salinidade no mar alto, a uma profundidade de uns 300 m. A salinidade das águas superficiais varia consideravelmente em torno dessa média, e há também variações a profundidades diferentes, nas grandes bacias oceânicas. A salinidade superficial é maior nos trópicos, por causa da intensa evaporação e menor nos polos por causa do gelo que derrete. O Mar Vermelho, que praticamente não recebe água doce, e onde a evaporação é grande tem salinidade superior a 4,5%. No Mediterrâneo a salinidade varia de 4,0%, na costa da Síria a 3,7% próximo ao estreito de Gibraltar. O Mar Báltico, por outro lado, por receber grande quantidade de água doce, tem baixa salinidade: menos de 1,0% em vários lugares. (Fig. 5-2).

O sal de cozinha — cloreto de sódio — predomina constituindo mais de 3/4 dos sais dissolvidos na água do mar. Outros íons metálicos, como cálcio, magnésio e potássio são os seguintes em abundância, e há também traços de uma série de outros elementos químicos. Os elementos raros são frequentemente concentrados por organismos marinhos, e indubitavelmente desempenham importante papel em sua biologia: os microscópicos radiolários fabricam seu esqueleto com estrôncio, as ascídias (cordados) têm vanádio no sangue. Mesmo com as técnicas químicas mais refinadas, quase não se consegue demonstrar a presença desses elementos na água do mar, e no entanto, esses organismos os extraem dela em quantidades apreciáveis.

As vezes tem-se a impressão de que água do mar é uma substância mágica e misteriosa. Não se consegue fabricá-la em laboratório, simplesmente juntando todos os seus componentes químicos: sempre fica faltando alguma coisa importante, provavelmente alguns dos elementos que nela existem em traços, ou talvez alguma substância orgânica produzida por seres microscópicos ou submicroscópicos.

5.4 CLASSIFICAÇÃO DOS AMBIENTES MARINHOS

Os ambientes marinhos variam muito menos com a posição geográfica do que os terrestres. Também as chuvas, tão importantes na diferenciação dos biomas terrestres (lembra-se da diferença entre floresta e deserto) naturalmente não têm influência nos ambientes marinhos. A temperatura da superfície varia muito das regiões polares para as tropicais, indo de um pouco abaixo de zero nas águas

árticas e antárticas até 28° C nas regiões equatoriais, alcançando no verão até 30° C no mar Vermelho e 33° C no Golfo Pérsico. A profundidade de 200 m, a variação vai de 0° C a 22° C e, a grandes profundidades, as diferenças praticamente desaparecem. Essas variações na temperatura da superfície têm grande influência sobre organismos que vivem aí, ou próximo às praias. Os recifes de corais, por exemplo, não crescem em águas de temperatura muito inferior a 20° C. Mas não é prático classificarmos os biomas marinhos nesta base. As subdivisões desses grupos se baseiam no grau de profundidade e na proximidade das praias. (Figura 5-2)

O mar alto

Há muitos anos que os cientistas se dedicam ao estudo da dinâmica do mar. A oceanografia e biologia marinha tornaram-se ciências florescentes e fascinantes e no entanto ainda restam muitos mistérios a desvendar, muitos dados a serem colhidos e, muitas descobertas a serem feitas, quando a técnica e os conhecimentos acumulados o permitirem. Mas já se sabe muita coisa sobre o mar, e os nossos conhecimentos a respeito aumentam cada dia.

As cadeias alimentares no mar se baseiam no plancton. Não se pode atribuir a descoberta do plancton a uma só pessoa. O conceito surgiu gradualmente. A medida que os naturalistas lançavam redes muito finas nas águas superficiais se maravilhavam com a variedade de organismos que encontravam na massa gelatinosa coletada nas redes.

Os produtores do plancton são principalmente diatomáceas e outras algas microscópicas e dinoflagelados (protozoários). Costuma-se chamar a esses produtores de *fitoplancton*, sejam eles algas ou protozoários, e aos consumidores microscópicos de *zooplancton*. (Fig. 5-3)

Alister Hardy, em seu esplêndido livro "The Open Sea: the World of Plancton", fez uma revisão das várias tentativas para calcular a abundância dos seres do plancton oceânico. Em uma baía da Ilha do Homem (costa da Irlanda) guardaram-se, por muitos anos, registros cuidadosos das coletas de plancton efetuadas. Tirando as médias das coletas feitas em abril, durante 14 anos, verificou-se que cada litro de água contém cerca de 700 organismos fitoplanctônicos, e cerca de 4 zooplanctônicos. Esses números já são bem expressivos, mas não incluem inúmeros organismos produtores pequenos demais para serem apanhados na rede.

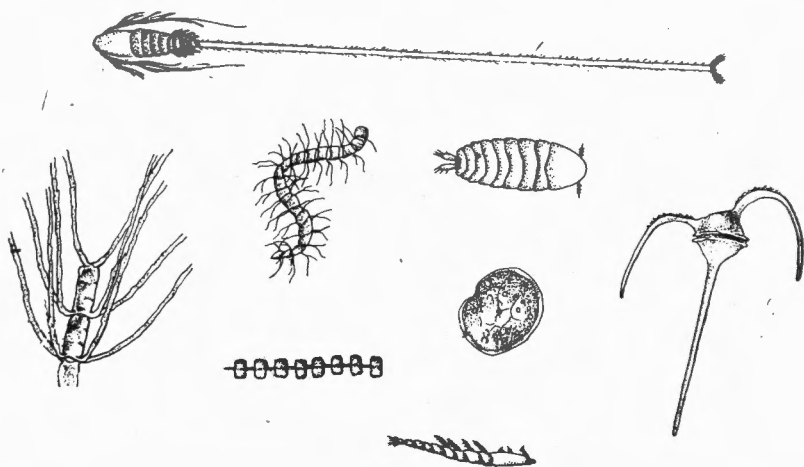


Fig. 5-3 — Organismos do plancton oceânico

No Laboratório Marinho de Plymouth (Inglaterra) fêz-se uma série de trabalhos para determinar o número de tais organismos. A conclusão é que deve haver, no mínimo, 450.000 produtores microscópicos em cada litro de água.

Êsses valores se referem sempre a determinada região e a certa época. Não há dados que permitam calcular uma média para o oceano em geral. É claro que os mares, assim como a terra, variam grandemente em produtividade, e esta, nos dois casos, depende da abundância de certos elementos importantes, como o fósforo e o nitrogênio. O fitoplancton microscópico da superfície recebe êsses elementos de acôrdo com a quantidade de material que é trazido da terra pelos rios o que se eleva do fundo do mar.

Como o transporte dêsses materiais é mais intenso em certas regiões do que em outras, o desenvolvimento do plancton varia bastante com a região considerada. Assim, o Mar do Norte é particularmente rico em plancton. Por outro lado, o Mar dos Sargassos é uma das partes do oceano mais pobres em plancton. Apesar das enormes massas de algas, a água é muito clara, o que indica como o plancton é reduzido. Nenhuma parte do mar, entretanto, tem tão pequena quantidade de seres vivos como os grandes desertos terrestres.

Os produtores microscópicos, que são a base das cadeias alimentares do mar, dependem é claro, da luz como fonte de energia para sintetizarem alimento.

A profundidade que a luz alcança na água do mar depende de vários fatores, com o ângulo de incidência da luz, a

mobilidade da água da superfície (tranquila, ou quebrada pelas ondas) e a transparência da água.

Os raios luminosos de maior comprimento de onda são absorvidos mais rapidamente pela água, de modo que os raios vermelhos e amarelos chegam a menor profundidade do que os azuis e os violeta. William Beebe, mergulhando em sua batisfera nas costas das Bermudas, ainda via luz a 500 m. de profundidade, mas era apenas luz azul. Pode-se ainda comprovar a presença de luz, por meio de chapas fotográficas, até 900 m. de profundidade, mas abaixo disso toda luz desaparece. Para a fotossíntese as plantas utilizam principalmente a luz de comprimento de onda relativamente longo, e por isso o fitoplâncton, apesar da grande penetração da luz azul, fica limitado a uns 60 m. Abaixo dessa profundidade a vida depende do material orgânico que cai da zona superficial.

O fundo dos mares

Por muito tempo pensou-se que a vida não poderia existir nas profundezas perpetuamente escuras e frias dos oceanos, por causa da enorme pressão da água. A primeira prova de que isto estava errado surgiu em 1858, quando se quebrou um cabo submarino, que tinha sido instalado por aquela época no Mediterrâneo. Retirado o cabo para conserto, viu-se que estava incrustado com esponjas e outros animais que vivem a mais de 1800 m. de profundidade. Compreendeu-se, então, que a pressão da água, por si mesma, não têm efeito danoso sobre o protoplasma, desde que o organismo não contenha espaços cheios de ar, ou de outro gás qualquer. A pressão se exerce igualmente em todos os sentidos, tanto por dentro como por fora do animal, de modo que não tende a achatá-lo ou arrebentá-lo. Afinal de contas, também nós suportamos uma pressão atmosférica de cerca de 1 k por cm^2 , mas nem a percebemos. Sentimos a pressão quando mergulhamos fundo dentro d'água porque existe ar dentro de nós.

A partir de 1858 progrediu muito a técnica de colher amostras dos depósitos do fundo do mar e da água de grandes profundidades. Descobriu-se que o fundo dos oceanos está completamente coberto de vaza fina, composta principalmente de carapaças de protozoários. Esta vaza contém também uma estranha substância gelatinosa, que parece protoplasma indiferenciado.

T. H. Huxley pensou que tal substância fôsse a substância viva, mais primitiva e lhe deu o nome de *Bathybius haeckelli* em homenagem ao grande biólogo alemão E. Haeckel.

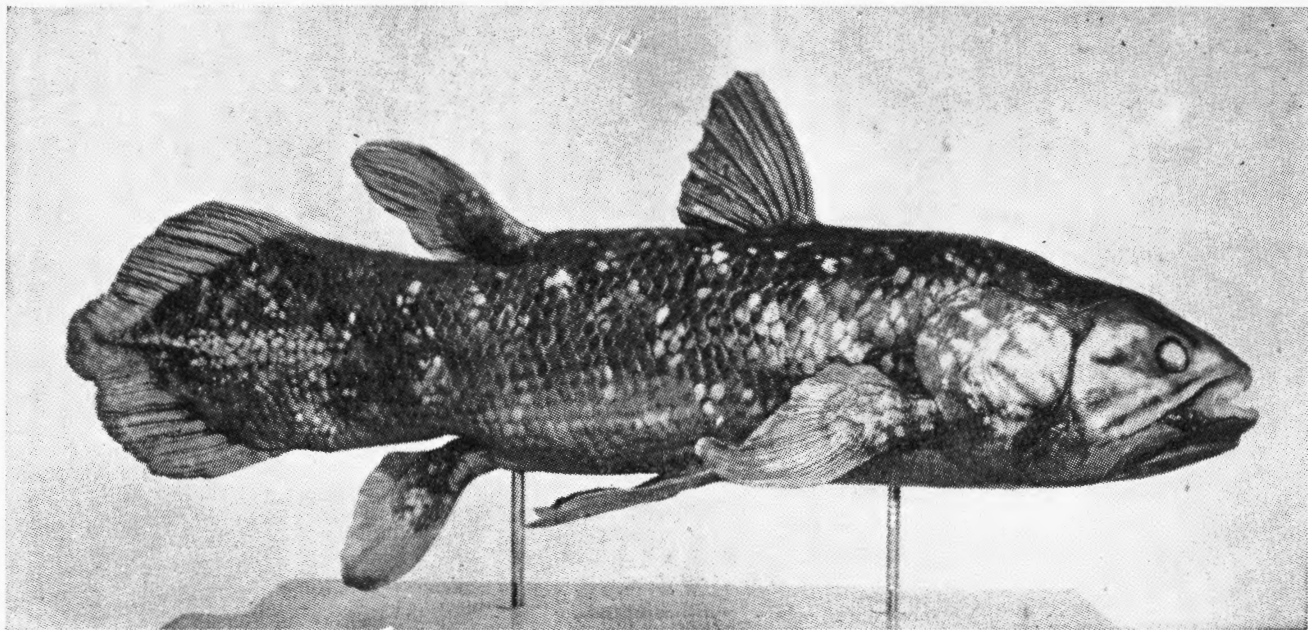


Fig. 5-4 — O celacanto, LATIMERIA

Sabe-se hoje que este *Bathybius* não é vivo; é simplesmente resultante da ação de álcool sobre a vaza do fundo.

A exploração das regiões profundas dos mares, continuou e levou à descoberta de uma grande quantidade de estranhos animais. De algum modo, porém, persistiu a idéia de que criaturas muito primitivas, remanescentes de um remoto passado geológico, ainda viveriam ali, isto pareceu confirmar-se quando em 1938, L. B. Smith anunciou a descoberta, nos mares da África do Sul, do Celacanto, um tipo de peixe que se supunha extinto desde o Eoceno, há 70 milhões de anos. À princípio pensou-se que este sobrevivente de um passado remoto devia ter se extraviado das profundezas dos mares e caído na rede dos pescadores. Sabe-se hoje que o Celacanto vive nas águas superficiais da área de Madagáscar e permaneceu desconhecido por tanto tempo simplesmente porque essa região não tinha sido convenientemente explorada. É um erro julgar as profundezas dos oceanos como um refúgio para seres primitivos, incapazes de enfrentar a competição de seres mais adaptados, na superfície. Os abismos marinhos constituem um ambiente muito especial; para viverem e se reproduzirem aí, os organismos precisam estar providos de adaptações adequadas.

É um mundo estranho e maravilhoso e é a parte da biosfera mais difícil de explorar.

Sem equipamento especial o homem só consegue mergulhar até uns 30 m de profundidade e só atingem esse limite mergulhadores excepcionais e muito bem treinados, como os pescadores de pérolas da Polinésia. Há muito tempo o homem vem tentando, sem muito sucesso, criar aparelhamento que lhe permita mergulhar mais profundamente e permanecer no fundo mais tempo. No século XIX construiu-se o escafandro, que permite uma permanência longa debaixo d'água, mas não pode ir a mais de 100 m. O "pulmão aquático" inventado por Cousteau, livrou o mergulhador do peso do escafandro e da dependência de pessoal na superfície mas não aumentou muito a possibilidade de mergulhar mais profundamente.

Há muito tempo se fazem experiências com submarinos. No nosso século, esse tipo de embarcação atingiu uma grande eficiência, mas para fins bélicos e não para observações de história natural. William Beebe e Otil Barton, em 1935, construíram uma batisfera que constava de uma pesada esfera de aço, com espessas janelas de quartzo, construídas de modo a resistir às grandes pressões do fundo do mar e equipada com oxigênio comprimido e substâncias químicas que absorve o excesso de gás carbônico e de umidade. A batisfera era levada para o mar num navio e mergulhada por meio de cabos.

Assim, Beebe foi capaz de descer a cerca de 900 m., na costa das Bermudas e observar diretamente, pela primeira vez, como é a vida nessas profundezas. Mas a batisfera tinha de ser manejada por cabos vindos de um navio, o que limitava bastante suas possibilidades. Nunca foram feitos mergulhos de mais de 900 m, por causa do perigo de um acidente com o cabo, o que deixaria o tripulante da batisfera no fundo, sem possibilidade de auxílio.

O passo seguinte foi dado por A. Piccard, que planejou, em 1958, o batiscafo, um aparelho que tem contróle autônomo, pode descer a grandes profundidades e voltar à superfície por si mesmo. Conseguiu isto pendurando à batisfera uma esfera de observação, semelhante à batisfera de um lastro de várias toneladas de ferro.

Motores elétricos promovem movimentos limitados em direção horizontal. Com o batiscafo finalmente o homem atingiu as maiores profundidades dos oceanos.

O estudo direto do fundo dos mares é muito caro e difícil para ser feito em larga escala, de modo que os métodos indiretos tem também grande utilidade. Inventaram-se engenhosos aparelhos para colhêr amostras do fundo do mar, pescar organismos em profundidades diferentes, medir fatores ambientais, como temperatura, luz e salinidade, etc. O desenvolvimento das técnicas de localização pelo eco (sonar), durante a II Guerra Mundial, foi de grande vantagem para a oceanografia.

Com o sonar está sendo possível fazer mapas das montanhas e depressões submarinas, tanto no Oceano Atlântico como no Oceano Pacífico.

As experiências submarinas com o sonar também serviram para revelar ao homem os sons submarinos. O mar é em geral tão barulhento como a terra — apesar do título do fascinante livro de Cousteau, (*O Mundo Silencioso*) — porque a superfície de contato entre a água e o ar funciona como uma barreira para o som, de modo que o barulho que existe em cada um dos ambientes raramente penetra no ou

Quando os “escutadores submarinos” da guerra começaram a fazer observações sistemáticas, perceberam uma grande quantidade de sons que nada tinham a ver com o inimigo. Para identificar esses misteriosos apitos e rangidos, o Departamento de Pesquisa Naval dos Estados Unidos, vem realizando estudos até hoje. As baléias e os botos, sendo mamíferos sociais, são muito barulhentos. Muitos peixes e vários tipos de invertebrados também fazem ruídos. O som se propaga mais depressa e mais facilmente na água do que no ar, portanto não é surpreendente que os animais marinhos tenham desenvolvido meios para usar os sons para comuni-

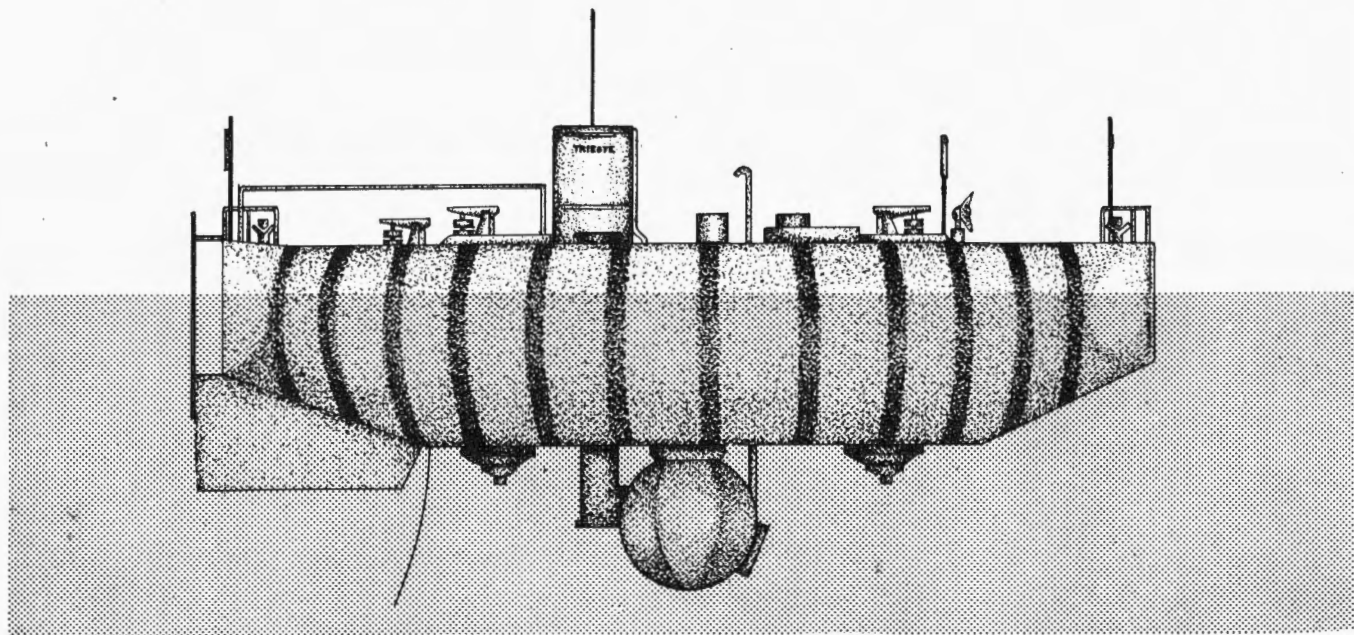


Fig. 5-5 — O batiscafo Trieste

car-se e talvez, mesmo para se orientar, como fazem os morcegos no ar. A velocidade exata do som na água varia, tal como no ar, de acôrdo com vários fatores: temperatura, densidade, salinidade, etc. O som se propaga aproximadamente cinco vêzes mais depressa que no ar.

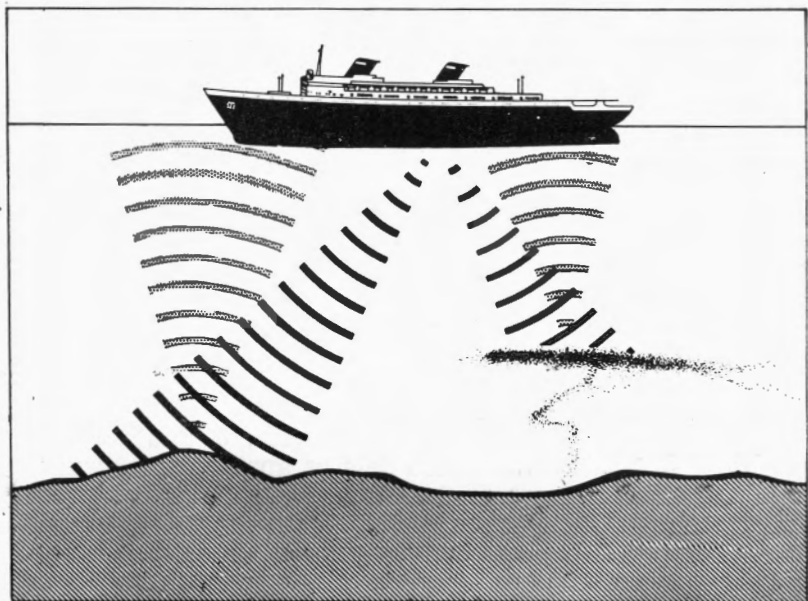


Fig. 5-6 — Durante as medidas de profundidade, parte das ondas sonoras podem refletir-se de encontro a uma camada profunda de dispersão

A velocidade do som na água da superfície do mar, a 0°C , é de 1543 metros por segundo e no ar, à mesma temperatura, é de 332 metros por segundo.

Mede-se, com o sonar a profundidade do mar verificando-se quanto tempo leva um som emitido na superfície para chegar ao fundo, ser refletido e voltar à superfície. Durante a realização dessas medidas, descobriu-se que chegavam ecos preliminares antes do eco principal. Isso mostrava que o som se refletia parcialmente em algum obstáculo entre a superfície e o fundo. Esse obstáculo passou a ser chamado de “camada profunda de dispersão”. Ela está representada na Figura 5-6 e varia consideravelmente de profundidade, em lugares diferentes, e mesmo, com o tempo, no mesmo lugar.

Atualmente acredita-se que a “camada profunda de dispersão” formada por uma zona muito rica em organismos planctônicos que fica muitas dezenas de metros abaixo da

superfície e se aprofunda mais durante o dia e sobe durante a noite. Essa camada pode ser encontrada até numa profundidade de 750 m, o que indica que o plâncton pode viver em águas mais profundas do que se admitia antes. *Beebe* e *Barton* com a batisfera, e os franceses com o batiscafo encontraram, de fato, mais seres vivos nessas profundidades do que jamais se previra, se bem que não conseguissem perceber nenhuma camada claramente delimitada.

Organismos das profundidades

O número de espécies, assim como o número de indivíduos decresce com a profundidade porque os organismos que vivem abaixo das zonas superficiais iluminadas dependem do alimento que cai de cima. Assim, quanto maior a profundidade menor a quantidade de alimento disponível. Com o aumento da profundidade vai-se também alterando o aspecto geral dos organismos. Como essa alteração é gradual e irregular, é difícil caracterizar precisamente cada zona. Os organismos típicos das zonas profundas (abissais), apresentados na Figura 5-7, permanecem, na maioria, a uns 500 m. ou mais abaixo da superfície, mas dela se aproximam durante a noite, ou, em certos casos, quando as águas frias das profundidades sobem. Influem na distribuição desses organismos a luz e a temperatura, bem como a pressão da água. Os peixes abissais apresentam muitas vezes olhos grandes, muito sensíveis, provavelmente mais eficientes para perceber intensidades mínimas de luz do que os olhos humanos. Geralmente têm o corpo preto aveludado ou, bem escuro, enquanto que os invertebrados são freqüentemente vermelho escuro.

As ondas luminosas que correspondem ao vermelho não penetram até esses abismos, de modo que aí a cor vermelha é tão invisível como a preta. Assim, na noite permanente do fundo do mar, os animais tendem a tornar-se negros ou vermelhos e a desenvolver olhos muito sensíveis, embora algumas espécies das profundidades maiores tendam a se tornar cegas. Por outro lado, na escuridão perpétua das cavernas e riachos subterrâneos os animais sejam peixes ou invertebrados, são brancos e cegos. Isso se explica porque, nas profundezas oceânicas, há muitos animais que produzem luz (bioluminescência), enquanto que nas cavernas isto não acontece. Onde há bioluminescência a seleção natural favorece os animais que enxergam e os que dificilmente são vistos com pouca luz, por serem pretos ou vermelho escuro; onde não há luz de espécie alguma, ao contrário, a cor branca, ou a cegueira, não são prejudiciais. Assim, como nunca aconteceu surgir, em cavernas, animais luminosos (com a exceção

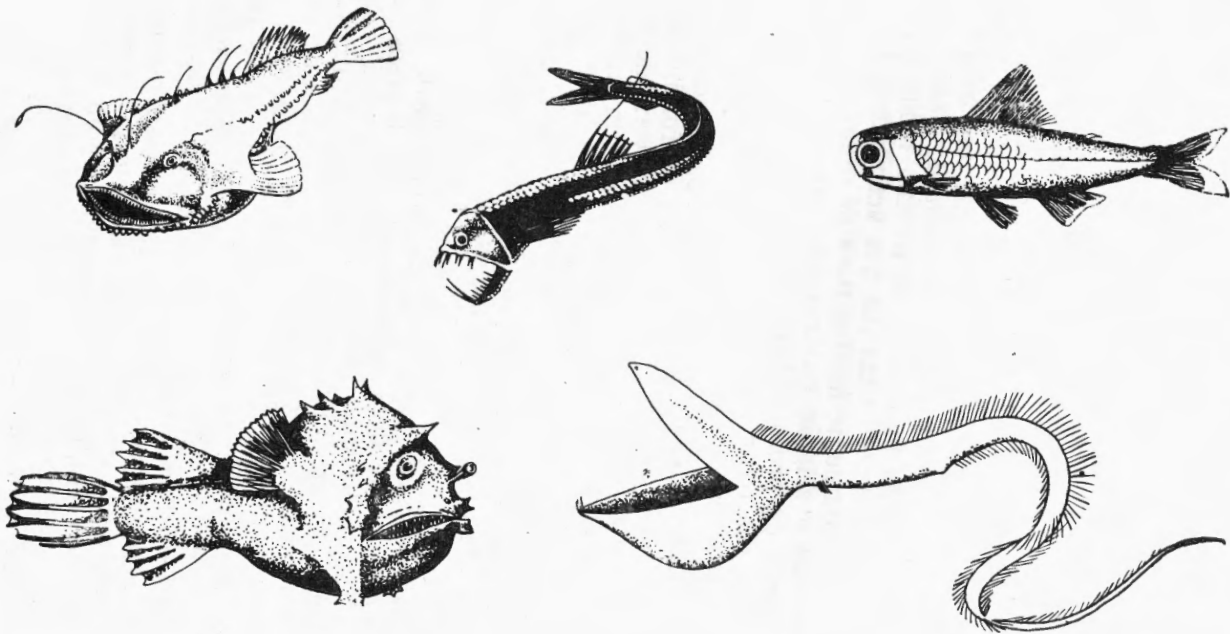


Fig. 5-7 -- Organismos da profundidade.

de um verme da Nova Zelândia) a evolução nos dois ambientes divergiu. Isto mostra como uma condição específica do ambiente pode influir poderosamente sobre o curso que toma a evolução. Uma única espécie de peixe luminescente que ocorra na caverna, poderá modificar radicalmente a tendência da evolução nesse ambiente.

Isto não explica, entretanto, porque a bioluminescência é comum no mar, esporádica (vagalumes etc.) entre animais terrestres e ausente entre animais de água doce.

Aparentemente a luminescência entre animais abissais tem diferentes funções. Em certos casos é apenas um modo de atrair a presa. O *Lophius*, um peixe que tem uma luzinha que pende pela frente da boca, é um exemplo clássico. A luz atrai muitos animais marinhos, do mesmo modo que atrai muitos insetos noturnos. Uma luz que acendamos dentro da água atrairá rapidamente muitos tipos de organismos. Resta explicar porque a seleção natural não eliminou esta reação nos organismos da profundidade. A abundância dos *Lophius* é sinal de que ela realmente ainda não funcionou nesse sentido.

A luz também é usada pelos animais para escapar do inimigo, ou assustá-lo. Certos camarões de profundidade e um tipo de lula, quando alarmados, soltam nuvens de secreção luminosa. A teoria é que os animais escapam na confusão conseqüente, como no caso da lula da superfície que solta golfadas de tinta.

Alguns dos peixes que contam com órgãos luminosos poderosos, podem assustar os inimigos, ao acendê-los repentinamente.

A luminescência também pode servir para reconhecimento. Os tipos de órgãos luminosos das diversas espécies de peixes são muitíssimo variados, a esses órgãos, tais como as côres dos peixes diurnos dos recifes, possibilitam que os machos e fêmeas se reconheçam, ou que grupos de peixes se reunam em cardumes. Em alguns casos as luzes podem servir também, para iluminar o campo de visão. Esta parece a melhor explicação para a existência de espécies que tem grandes órgãos luminosos adiante de cada um dos olhos.

Muitos dos peixes das profundidades são pequenos, embora apresentem formas fantásticas. Têm geralmente bocas, dentes enormes e alguns são capazes de engolir animais maiores que eles. O alimento, nas regiões profundas, é escasso, portanto, tudo que puder ser apanhado é bem-vindo. Os animais abissais têm, freqüentemente esqueletos frágeis, aliás seria difícil de conseguir, esqueletos fortes uma vez que o suprimento de cálcio diminui com a profundidade.

Alguém sugeriu que todos êsses animais sofrem de raquitismo congênito porque a ausência de sol provoca carência de vitamina D.

Nessas regiões de água tranquila, animais fantásticamente alongados e frágeis podem viver; há aí caranguejos de patas compridas e esguias, camarões de antenas longas e delicadas, e peixes ornados de variados tentáculos, prolongamentos e nadadeiras alongadas. Embora os peixes sejam pequenos, há celenterados, tunicados e outros animais sésseis. Nesse meio uniforme e tranquilo é mais fácil o crescimento.

Os maiores de todos os invertebrados, os polvos gigantes, provavelmente não habitam as grandes profundidades, todavia pouco se conhece sobre seus hábitos. Quase tudo que se sabe sobre êsse polvo, resultou do estudo de espécimes, que foram lançados à praia, principalmente na Terra Nova nas Ilhas Britânicas e na Escandinávia. Vários dêles mediam mais de 15 m., se se leva em conta os tentáculos maiores, tendo o corpo, propriamente dito, um quarto dêsse comprimento.

Os polvos e as lulas conhecidos coletivamente como cefalópodos, são animais extraordinários. Eles são moluscos, isto é, pertencem ao filo dos caramujos, ostras e mexilhões, mas apresentam certas características mais aperfeiçoadas. Seus olhos, que parecem, superficialmente, com os dos vertebrados são sob certos aspectos, mais eficientes que êstes, embora calcados em plano estrutural. Possuem sistema nervoso bem desenvolvido e como método de locomoção utilizam a propulsão a jato que apresenta duas vantagens: grande velocidade e grande facilidade de movimentação.

São comuns no mar alto vários tipos de lulas e polvos, pequenos e médios, mas, sua agilidade torna difícil que sejam apanhados em rêdes ou armadilhas e, como quase só vêm à superfície à noite, não se pode observá-los facilmente.

5.4.3 A Zona Litorânea

Em todo mundo os mares são relativamente rasos perto dos continentes. É como se êstes estivesse com as bordas inundadas as quais se estendem até certa distância dentro do oceano. Esta região submersa é chamada de "Plataforma Continental", e termina onde a profundidade média é maior que 200 metros. A plataforma é mais extensa junto da foz dos grandes rios e das planícies costeiras e quase desaparece ao longo das costas montanhosas. Sua largura média é de uns 50 km.

Muitos oceanógrafos e ecologistas chamam essas partes mais rasas do mar de "zona ou província litorânea" em con-

traste com a "província oceânica" que corresponde nos mares profundos. (Fig. 5-8).

Na província litorânea, há uma quantidade apreciável de luz e os animais que vivem no fundo do mar (coletivamente denominados "benthos") formam uma parte importante da comunidade biológica. A luz geralmente se torna inadequada para os vegetais fixos abaixo de 40 ou 50, mas em águas mais rasas as algas crescem luxuriantemente, como parte importante do sistema de seres produtores. Muitas delas, nos mares do norte, são as algas pardas (Phaeophyta), entre as quais estão as laminárias-gigantes da flora marinha — que chegam a alcançar um comprimento total de 350 metros. Não há musgos ou pteridofitas no mar, mas cerca de 30 espécies de angiospermas pertencentes a duas famílias estão adaptadas para viver no meio marinho. A mais amplamente distribuída e melhor conhecida é a *Zostera marina* (grama marinha). Não é, na verdade, uma gramínea, embora pareça. Forma grandes prados submersos em alguns dos mares rasos do hemisfério norte.

A natureza da vida animal ou vegetal na zona bentônica varia conforme o fundo seja de lama, de areia, ou rochoso. Fundo arenoso geralmente ocorre onde há ondas ou correntezas fortes, que carregam os depósitos orgânicos, de modo que o benthos é relativamente pobre. Ocorrem, entretanto, vários tipos de animais especializados em escavar a areia, os quais são especialmente, crustáceos, moluscos e vários tipos de vermes. Há também peixes que se afundam total ou parcialmente na areia. O mesmo hábito tem o famoso anfioxo (*Protocordado*) que pode encontrar-se no litoral do Rio de Janeiro e São Paulo. Em algumas das nossas praias os banhistas têm de andar com cuidado para não enfiarem no pé espinhos de ouriço-do-mar.

Quando o fundo é lodoso ocorre número ainda maior de animais que fazem buracos, repousam no fundo. (como as estrêlas-do-mar e as holotúrias) ou andam ou rastejam (caranguejos). Trata-se, quase sempre de espécies diferentes das que vivem na areia submersa. No fundo rochoso as adaptações se relacionam com a capacidade de fixação onde achar refúgio em buracos e fendas.

Um dos ecossistemas mais fascinantes é o dos recifes de coral, típicos dos mares tropicais. Os corais que constroem os recifes só crescem onde a temperatura da água raramente desce abaixo de 20° C. Isto limita sua distribuição às zonas tropicais com exceção de certos locais, como as Bermudas, que recebem águas mais quentes, levadas do Gulf Stream (corrente do Golfo do México). Mesmo nas regiões tropicais as águas da costa do Pacífico do continente americano e da

costa do Atlântico, na África, são frias demais para esses animais.

As águas nos recifes de coral costumam ser muito claras. Em algumas dos recifes do Pacífico e do Atlântico, a água é incrivelmente transparente.

Apesar disso, os animais que formam os recifes de coral não crescem bem à uma profundidade maior que 60 m, porque dependem dos flagelados clorofilados, com os quais vivem em simbiose. Parece que os flagelados lhes são necessário mais para fornecer oxigênio do que alimento. As cores vistosas dos corais são devidas mais aos simbiossomas que aos próprios pólipos.

Falamos sempre em "recifes de coral" e corais são animais. Mas os botânicos reclamam, com razão porque existe um grupo de vegetais, as algas coralinas (*Rhodophyta*) que desempenham, na formação do recife, papel tão importante como o dos corais. Elas formam conjuntos duros, de tonalidades vermelha, púrpura ou rósea, que contribuem para o espantoso colorido do recife.

5.4.4 A Beira do Mar

Em toda parte, ao longo da borda marítima, podemos notar o efeito das ondas e marés. A extensão das marés varia muito de acordo com a região e, num mesmo lugar, segundo a época do ano. Na Baía de Fundy em Nova Escócia, (Canadá), ocorrem as maiores diferenças entre a maré alta e a maré baixa. A diferença máxima é aí de 15,4 m. As menores marés são as do Mediterrâneo com uma diferença de apenas 35 cm. A violência das ondas também varia grandemente de dia para dia e de lugar para lugar. Certos trechos da costa americana do Pacífico, são constantemente batidos por forte ressaca. Outros lugares, como as praias de baías protegidas, podem não sofrer maior ação das ondas do que as praias das lagoas.

Os organismos que vivem na zona das marés submetidos, duas vezes por dia, à submersão e à exposição. Acima dela, na "zona dos borrifos" recebem apenas os respingos de água salgada que resultam da ação do vento e das ondas. Quando as marés são muito altas, ou há ressaca, essa zona pode ficar submersa. Essas zonas da praia são bem conhecidas por quem vive próximo ao mar, e apresentam problemas especiais de adaptação muito interessantes.

A zona das marés é um habitat difícil de conquistar, pois seus habitantes ficam debaixo d'água salgada por algum tempo para em seguida serem expostos ao ar e ao sol quente, ou aos ventos frios.

Os habitantes desta zona, quando a praia é arenosa, são os animais que podem fazer buracos ou caminhar pela areia como os caranguejos. Já nas costas rochosas a vida é surpreendentemente rica. As algas mais resistentes, de vários tipos aderem às rochas com os seus apressórios, e são protegidas do dissecamento pelos talos coriáceos e envoltórios gelatinosos. Servem elas para a proteção e suporte de outras algas, microorganismos e animais. Cracas (cirrípedes) e moluscos, aderem firmemente à rocha, e fecham hemeticamente suas carapaças para sobreviverem durante os períodos de exposição ao ar. Entre as pedras formam-se poças de formas e tamanhos diversos onde uma grande variedade de organismos se abriga durante a maré baixa. Alguns continuam ativos e outros ficam esperando passivamente a subida da maré.

Na zona dos borrifos a vida do mar e da terra se encontram, e alguns representantes dos dois meios compartilham o terreno. Acima da praia, certas plantas resistentes ao sal chegam até o limite permitido pelo alcance das ondas. Aves marinhas se alimentam entre os restos jogados pelo mar. Caranguejos terrestres vão até a água na época da postura, e as tartarugas marinhas rastejam na praia para enterrar os seus ovos na areia. Há alguns tipos de besouros capazes de viver na areia quase seca. Suas larvas fazem cócegas nos banhistas deitados na areia de Ipanema e outras praias brasileiras. Uns poucos caranguejos podem ser encontrados entre os detritos deixados pelas ondas. Mas, na maior parte, a zona dos borrifos é terra de ninguém por onde só os mais corajosos se aventuram.

5.5 *A floresta e o mar*

Consideramos por alto as variadas condições de vida no mar, e alguns organismos que nêles vivem. Muita coisa ficou de lado, mas um estudante interessado poderá encontrar uma extensão do assunto nos livros de Rachel Carson: "O Mar que nos cerca" e "The Edge of the Sea", que são de leitura amena e agradável.

Entretanto, antes de deixarmos de lado o mar, comparemos dois tipos de ecossistemas muito diversos: o da floresta e o do mar. As analogias entre os dois nos permitirá focalizar de novo a unidade fundamental da biosfera. Vamos comparar a floresta no seu máximo desenvolvimento, a floresta pluvial dos trópicos, já descrita, com os mares rasos da região tropical. Mas a comparação se aplica também em certos pontos, a qualquer floresta e qualquer ambiente marinho.

A cobertura da floresta corresponde à zona pelágica do mar porque é região em que há o máximo de luz para a fotossíntese, da qual tudo o mais depende. Mais abaixo a quantidade de luz diminui, por causa da sombra produzida pelas folhas, num caso e, no outro, por causa de presença de materiais em suspensão e da opacidade relativa da água. O chão da floresta é como a região bentônica, onde os organismos vivem inteiramente à custa de material de segunda mão, que cai de cima: neste caso, folhas, galhos, frutos e raízes. Só poucas espécies de plantas verdes são capazes de crescer nessa região sombria existente em qualquer floresta cerrada.

As inúmeras folhas da floresta são comparáveis, ao numeroso fitoplâncton do mar aberto: As primeiras são mantidas pelo sistema de troncos e ramos e o último pela água em que boiam. Nos dois casos a luz é usada com máxima eficiência ao atravessar camadas de células que a transformam em energia química. Talvez seja por causa dessa maior utilização de energia que as árvores predominam em qualquer ambiente em que o calor e a umidade do solo o permitam.

A posição do homem é diferente na floresta e no mar. Na floresta, vive no último degrau, e no mar é um animal de superfície. Para estudar a floresta o homem tem de subir; para estudar o mar, tem de mergulhar. O homem é um animal terrestre e provavelmente grande parte da sua evolução teve lugar na floresta tropical. Entretanto, pelo menos, atualmente, ele pode mergulhar com mais facilidade do que pode trepar em árvores. Com auxílio de um escafandro ou de um "pulmão aquático" pode, por algum tempo, se misturar com os peixes, mas até agora não inventou balão ou helicóptero que o leve facilmente até o topo das árvores, junto dos macacos e passarinhos.

É interessante comparar como os organismos, mantêm seus lugares na floresta e no mar. Muitos animais e plantas crescem presos em algum lugar, no mar, e, em certos casos, podem formar enormes massas, como ocorre nos recifes de coral ou no Mar dos Sargãos. Em geral, entretanto, a vida no mar depende principalmente de flutuação e natação. Podemos comparar apenas parcialmente natação e vôo, porque o animal gasta muito mais energia para se manter no ar do que na água. Sementes, esporos e alguns animais, como as aranhas que se agarram a um longo fio de seda, flutuam no ar, mas isso é nada comparando com a vida que flutua no mar. Algumas borboletas da floresta tropical voam alto, planando, e assim parecem manter-se no ar quase sem esforço; mas têm de pousar de vez em quando, coisa que os animais do mar nunca têm de fazer.

Na floresta a manutenção dos animais nas diversas camadas não depende da capacidade de voar ou flutuar, e sim de adaptações que permitam trepar e se empoleirar. As árvores com sua rede de troncos, galhos, brótos e folhas, desempenham na floresta, o papel de suporte que a água desempenha no mar.

A vida alcança sua maior diversidade nas florestas e mares tropicais, porque aí os organismos encontram sempre os três fatores mais favoráveis: calor, umidade e luz. Por isso essas regiões são consideradas o paraíso dos naturalistas. Mas as florestas e mares da zona temperada, os riachos e campos estão também repletos de seres vivos, a espera de alguém que os examine e estude.

SUMÁRIO

A biosfera, ou seja a comunidade biológica total que existe ao redor do globo, é mais facilmente estudada quando a dividimos em três grupos maiores: os seres vivos do mar, da terra e das águas doces. Cada um desses biomas tem características fundamentais diferentes, mas, em certos casos, os limites não são muito distintos.

Os habitantes da terra se misturam de várias maneiras aos da água doce e além disso muitos animais passam parte da vida num habitat e parte no outro. A vida da terra e a do mar se integram nas praias e nos mangues. As águas dos mares e dos rios misturam nos estuários e certos animais cruzam a zona intermediária enquanto outros se restringem a ela.

Os três meios, como parte da superfície do globo, sofrem modificações decorrentes das condições atmosféricas e astronômicas.

Estas condições dependem do movimento de rotação da terra, da translação em torno do sol, da inclinação do eixo em relação ao plano da eclíptica e da influência desses fatores na circulação da atmosfera.

Discutimos a circulação atmosférica e os seus efeitos sobre a formação de zonas climáticas na superfície terrestre. Alguns pontos importantes ficaram de lado, tais como o efeito das massas continentais e das correntes oceânicas ou a importância das modificações climáticas que ocorreram em eras geológicas anteriores à nossa.

A vida na terra é a que mais sofre influência do clima, e os maiores biomas ou seja as maiores subdivisões desse meio, podem ser definidos em termos de clima, considerando principalmente temperatura e umidade. Descrevemos a tundra, a taiga, a floresta decídua, a floresta tropical pluvial, os desertos e os campos. Como a influência do homem foi maior nas modificações ocorridas nas comunidades terrestres, demos maior ênfase a estas.

O clima também atua nos biomas de água doce, mas sua influência é menos direta do que sobre os da terra e se combina com as modificações que ocorrem no próprio meio aquático. Quando falamos água doce queremos nos referir à água acumulada nos continentes, embora estas, em alguns casos, tenham uma quantidade relativamente alta de sais dissolvidos.

Os biólogos fazem uma distinção entre água doce corrente e água doce parada porque os biomas que a elas correspondem são bem diferentes. Demos mais atenção à vida que se desenvolve numa lagoa do que à que existe em outros tipos de depósitos maiores e me-

nores. Depois passamos para as águas correntes e tentamos mostrar como as condições mudam, num rio, desde a cabeceira até a foz. As condições de vida no mar, pelo menos perto de superfície, também são afetadas pela zonação climática do globo. Mas os biólogos acham melhor basear a subdivisão do ambiente marinho em outras características. A principal distinção é feita entre a "província oceânica", dos mares profundos, e a "província litorânea", que fica sobre a plataforma continental. Ambas se subdividem em duas zonas: a zona pelágica, dos organismos que nadam ou flutuam e a zona bentônica, onde ficam os seres de profundidade. As condições de vida no mar se alteram com a profundidade e com a distância em que ficam as praias. O ambiente marinho confina com o terrestre, na zona das marés e na dos borrifos.

Nestes três últimos capítulos nosso ponto de vista foi principalmente ecológico. Passemos agora a estudar a distribuição dos biomas nas diversas regiões da terra. Para isso adotaremos um ponto de vista especialmente histórico e paleontológico.

Questões:

- 1 — Quais alguns problemas que impediram que o homem atingisse o fundo do mar antes da época atual?
- 2 — Como podemos avaliar as variações da salinidade da água nas diversas regiões dos oceanos e em diversas profundidades.
- 3 — Quais as dificuldades para produzir água do mar no laboratório?
- 4 — Como o rendimento fotossintético do fitoplankton pode ser afetado por um dia ventoso e nublado?
- 5 — Quais as diferenças nas condições de vida da zona litorânea e das grandes profundidades oceânicas.
- 6 — Como comparar a vida nas regiões de profundidade abaixo de 1.000 metros à vida numa comunidade da caverna? Que fatores afetam sua manutenção?
- 7 — Quais as adaptações apresentadas pelos organismos bentônicos para viver em regiões de fundo arenoso, lodoso e rochoso?
- 8 — Qual a explicação para a teoria de que a água do mar tem a mesma composição há pelo menos 2 bilhões de anos?
- 9 — Qual o efeito sobre a economia dos diversos países do mundo, um abaixamento ou levantamento de 2 a 3 m do nível do mar?

CAP. VI

A GEOGRAFIA DA VIDA

○ clima nas duas polares — na região ártica e na antártica — é praticamente o mesmo. Todavia, os seres vivos são muito diferentes nesses dois confins da terra. É só na região ártica que os ursos polares vagueiam pelos gelos flutuantes e só na antártica que os pinguins nadam e perambulam. Em ambas as regiões encontram-se fósseis de samambaias, que hoje já não mais poderiam viver em lugares tão frios. Porque não existem ursos no sul? Nem pinguins no polo norte? Que aconteceu com as samambaias?

Podemos indagar também porque os gorilas vivem nos bambuzais africanos e os pandas nos bambuzais chineses, mas os dois animais não ocorrem no mesmo continente. Ambos certamente encontrariam condições de vida apropriadas nos bambuzais sulamericanos, mas ninguém nunca os encontrou aí.

Por que será que muitas árvores, como o vidoeiro, o bordo e o castanheiro, e vários animais, como os ursos e as salamandras só se encontram no hemisfério norte? Como se explica que haja grandes florestas de faia na Nova Zelândia e também no Chile, do outro lado do mundo? Por que tantos marsupiais, como os cangurus e outros que parecem à primeira vista ratos e gatos existem na Austrália e em nenhum outro lugar?

Os biólogos procuram responder estas questões levando em conta dois conceitos fundamentais: um ecológico e outro evolutivo. Os animais e as plantas se encontram em certas áreas e não em outras porque têm tolerâncias diferentes em relação aos climas e outros fatores do ambiente. Por outro lado, as espécies se modificam no curso do tempo ao mesmo tempo que o clima e as circunstâncias ambientais se alteram. Quando interpretamos a distribuição das espécies no mundo atual levando em conta principalmente o primeiro desses princípios, adotamos o ponto de vista ambiental e o ecológico; quando nos baseamos principalmente no segundo, estamos interpretando a biografia do ponto de vista histórico, ou evolutivo. Naturalmente, qualquer explicação completa exige a combinação dos dois pontos de vista.

6.2 OS LIMITES DE DISTRIBUIÇÃO

Cada espécie, gênero, família, ou outro grupo de animais ou plantas se distribui, presentemente, em determinadas áreas do mundo, e não em outras. Por outro lado, podemos descrever a distribuição de um tipo especial de comunidade composta de várias espécies. Nos dois casos, torna-se interessante indagar porque razão outras áreas não foram ocupadas.

6.2.1 *Fatores limitantes*

Na região Amazônica a água é abundantíssima, de modo que se num determinado ano chove um pouco menos, isso praticamente não afeta a exuberância da floresta. No nordeste, entretanto, a falta de chuva em certos meses pode ter efeitos drásticos na comunidade, chegando ao ponto de causar a morte de populações inteiras de plantas e animais e desanimar as levas de retirantes. A quantidade de água é, portanto, um importante *fator limitante* no Nordeste, mas não na Amazônia. Em alguns casos o fator limitante atua diretamente sobre a espécie, determinando seus limites de dispersão. Por exemplo: a floresta Amazônica não pode invadir o nordeste porque a precipitação aí é insuficiente. A água, e não a temperatura, é, neste caso, o fator limitante e este age diretamente. Os papagaios e vários outros animais da floresta amazônica poderiam viver, entretanto, no Nordeste se lá existissem florestas. Portanto, para estas espécies, a escassez d'água age indiretamente como fator limitante.

Muitas espécies de animais e plantas podem viver em diferentes biomas, de modo que os mapas de distribuição de espécies que vivem numa mesma comunidade nem sempre

se superpõem exatamente. Em alguns casos, entretanto, duas ou mais espécies vivem em dependência tão estreita porque exigem ambientes tão semelhantes que só encontramos uma onde a outra existe. Naturalmente, isto ocorre com os organismos que vivem em simbiose, como as algas e os fungos que constituem os líquens, ou certas árvores florestais cujas sementes só germinam quando invadidas pelos fungos denominados micorrizas. É provável que a distribuição dessas espécies de árvores esteja limitada, em muitos casos, indiretamente, pela natureza do solo que não é adequada ao desenvolvimento das micorrizas. Isto têm importância no problema do reflorestamento. Quando se abate a floresta para utilizar o terreno para culturas, e especialmente quando se fazem queimadas, as micorrizas do solo são destruídas. Nessas condições o reflorestamento se torna difícil, já que várias sementes de árvores da floresta não se podem desenvolver por falta das micorrizas.

Certos insetos polinizadores que só podem viver associados à determinadas plantas, constituem outro bom exemplo de distribuição geográfica idênticas em consequência de relações ecológicas estreitas. Darwin, entre suas muitas outras contribuições à ciência, escreveu um belo livro onde mostra como muitas espécies de orquídeas só podem ser polinizadas por determinadas espécies de insetos e, portanto, tem sua distribuição limitada àquelas áreas em que tais insetos vivem. Outro exemplo clássico é o das relações entre a planta *Yucca gloriosa* e a mariposa *Pronuba* e *Yucarrella*, que a poliniza. A fêmea fecundada colhe pólen nos estames da *Yucca* e o coloca nos estigmas, que têm a forma de pequenos cálices. Em seguida, empurra com a cabeça o pólen para o fundo dos estigmas, põem ovos nos ovários das flores e morrem. As lagartas que saem dos ovos se alimentam de algumas das sementes em crescimento, de modo que os frutos da *Yucca* estão bichados. Como, porém, muitas das sementes não são atacadas, a planta pode reproduzir-se. Como a planta depende da polinização feita pela mariposa, e as lagartas só se alimentam das sementes *Yucca*, é claro que a distribuição das duas espécies têm de ser a mesma. Tanto a planta quanto o inseto podem viver isolados, mas, sem a companhia do outro, não se podem reproduzir. Conhece você outros casos de relações estreitas entre duas espécies? Existe alguma, deste tipo, entre o homem e plantas cultivadas ou animais domésticos?

6.2.2 Dispersão

Numa formação climax, que permanece estável por muito tempo, os indivíduos que morrem são substituídos por seus descendentes. O número de sementes ou de ovos pro-

duzidos por uma geração é sempre muito maior do que o número de indivíduos que morrem e o número de descendentes que chegam a se tornar adultos. Portanto, o crescimento das populações está limitado, não pela escassez de sementes ou ovos, e sim por fatores ambientais e, especialmente, pela competição entre indivíduos numa área já densamente povoada. Se uma área livre fica disponível, ela pode ser, portanto, invadida pela formação, desde que as condições ecológicas sejam propícias. Junto às margens de distribuição da formação existem sempre áreas não ocupadas porque aí o clima ou outras circunstâncias ambientais não são adequados. Toda comunidade, ou espécie, exerce, portanto, como que uma pressão de dispersão que tende a fazê-la avançar sobre as zonas periféricas de sua área de distribuição. Muitas sementes atingem estas regiões e muitos animais fazem incursões nela de modo que, nos anos de clima mais favorável chegam a instalar-se aí, dilatando a área de distribuição. Entretanto anos em que as condições ambientais se tornam mais rigorosas, estes indivíduos pioneiros são eliminados. Os limites de distribuição dos biomas ou das espécies individuais oscilam portanto, de acordo com os ciclos climáticos. Os ecologistas brasileiros verificaram que isto acontece no caso dos limites entre as florestas e os campos cerrados. Ambos exercem uma pressão de dispersão que tende a fazer um destes biomas invadir a área do outro. As duas formações oscilam conforme os ciclos de variação climática. Às vezes a floresta invade o campo cerrado, outras vezes o campo avança sobre o território da floresta. Por outro lado, a ação do homem interfere neste equilíbrio, em geral favorecendo a dispersão dos campos para territórios anteriormente ocupados por florestas. É claro que a dispersão das espécies florestais de animais e plantas acompanha esta oscilação. Certos passarinhos só vivem em florestas, outros só vivem em campos. Podemos distinguir, nestes casos, espécies dominantes que estabelecem as características fundamentais da comunidade (por exemplo, as árvores florestais) das espécies dependentes, cuja distribuição geográfica depende essencialmente não do clima mas da distribuição das primeiras.

Desde os tempos de Lyell, há cerca de um século atrás, começou a desenvolver-se a idéia de que a superfície da terra sofre constantes modificações em consequência de fatores geológicos. Modificações desse tipo, nas margens de dispersão de uma espécie, determinam alterações do ambiente, a longo prazo, que podem permitir que espécies dilatam sua área de distribuição. Um dos exemplos mais importantes disso, se encontra no continente americano. Há alguns milhões de anos elevou-se do oceano o istmo do Panamá de

modo que, a América do Norte e a América do Sul, que formavam dois continentes isolados, passaram a comunicar-se. As espécies de animais que se tinham formado na América do Sul puderam, assim, invadir a América do Norte, e vice-versa. Esta troca de flores e de faunas teve conseqüências consideráveis. Muitas espécies do norte encontraram na América do Sul nichos ecológicos muito adequados e aí se estabeleceram, vencendo na competição muitas espécies antigas sul americanas, que se extinguíram. As espécies marinhas que viviam na região hoje ocupada pela América Central, em geral desapareceram d'aí, visto como o mar foi substituído por terra firme e água doce. Uma exceção muito interessante é a do tubarão que hoje vive no lago Nicaragua, uma das poucas espécies oceânicas que foram capazes de evoluir e adaptar-se para viver em condições completamente novas, num lago inteiramente separado do oceano.

Vemos, neste caso, como uma barreira que separa dois biomas pode ser uma ponte de comunicação entre outros biomas. A América Central, ao emergir do Oceano, separou o bioma do Atlântico do bioma do Pacífico; mas por outro lado serviu de comunicação entre os biomas terrestres da América do Norte e da América do Sul. A elevação das Montanhas Rochosas permitiu que a taiga do norte progredisse para o sul, estabelecendo-se no alto das montanhas da parte ocidental dos Estados Unidos, chegando até o sul da Califórnia, isto supondo que o clima naquela época fôsse o mesmo que hoje ocorre. Por outro lado, essas montanhas constituíram uma barreira para as florestas temperadas da costa do Pacífico, no norte dos Estados Unidos, que não podem dispersar-se pelas regiões que ficam à leste das montanhas rochosas.

6.2.3 *Dados sobre a dispersão*

Já vimos que nas rochas das regiões polares ocorrem fósseis de plantas que, como as pteridófitas, só podem viver em climas relativamente quentes. Isto é considerado como prova de que as regiões polares já foram muito mais quentes do que atualmente. Poderíamos, é claro, explicar a existência desses fósseis admitindo que não foi o clima das regiões polares que se modificou e sim as exigências fisiológicas dos organismos. Diríamos então que as pteridófitas primitivas resistiam ao clima polar, embora hoje nenhum representante do grupo possa fazê-lo. No entanto, a primeira

explicação é mais simples, isto é, demanda um número menor de hipóteses, como veremos adiante. Os cientistas tem verificado, na prática, que é sempre bom seguir uma regra que foi expressa por Occam no século 12. Esta nos aconselha que quando temos de escolher entre duas explicações para algum fenômeno, devemos ficar com a mais simples.

Apliquemos esta regra aos problemas da biogeografia, considerando um depósito de turfa, como os que se encontram no Brasil e em outras partes do mundo. Essas turfeiras se formam em charcos ou pequenos lagos que vão sendo aterrados por camadas sucessivas de sedimento e trazidos pelos riachos os quais se depositam, juntamente com material trazido pelo vento, de mistura com os restos dos vegetais aquáticos. Os depósitos que se encontram na turfeira formam diferentes camadas que, naturalmente, foram depositadas em épocas sucessivas, de modo que as que ficam por baixo são mais antigas do que as superficiais. O pólen das plantas que cresciam nas regiões próximas ao lago caíam na água trazidas pelo vento, de modo que, o pólen que se encontra em cada camada da turfeira representa as espécies que viviam na ocasião em que a camada se depositou. Introduzindo-se verticalmente um tubo largo na turfeira, e examinando ao microscópio, o material colhido em diferentes alturas, dentro do tubo, verifica-se que tipos diferentes de pólen ocorrem nas várias camadas da turfeira. Como, em muitos casos, pode-se determinar o tipo de planta que produziu cada tipo de pólen, é possível, por este método, determinar que comunidades viviam junto ao lago em diferentes épocas. Estudos desse tipo mostram freqüentemente a substituição de determinados biomas por outros, à medida que o tempo passa. Ora, para explicar esta sucessão, admitindo que o clima se manteve constante, seria necessário acreditar que inúmeras espécies mudaram suas exigências ecológicas através da história da região.

As espécies que ali viviam bem, de início, teriam passado e não ocorriam na região, também se modificaram e passaram a preferir justamente aquele contexto ecológico. Podemos achar que a alteração de uma espécie vegetal é coisa mais simples do que a alteração do clima de uma região. Mas, decididamente, é mais fácil admitir uma alteração do clima do que modificações paralelas das exigências ecológicas das inúmeras espécies que formaram cada um dos biomas da sucessão.

6.2.4 Causas da dispersão

Muitas alterações de clima são graduais e progridem aos poucos numa certa direção. Por exemplo, após cada período glacial, os gêlos vão se derretendo aos poucos, nas latitudes baixas e vão ficando mais confinados às regiões polares. Do mesmo modo, nos continentes, o clima vai se tornando menos frio, de modo que a temperatura em um lugar situado sobre o trópico pode vir a ficar igual a temperatura que, muito tempo antes, era típica do equador. Que acontece com a distribuição dos biomas durante esse tempo? Consideremos uma comunidade que estava, de início, distribuída na região equatorial, onde encontrava ótimas condições de desenvolvimento. Com a elevação gradual da temperatura, o ambiente no equador começa a tornar-se desfavorável, mas, em compensação um pouco mais para o sul (ou para o norte) a temperatura atinge o nível ótimo para a comunidade que, portanto, sua distribuição geográfica começa a deslocar-se em direção ao polo. Depois de muito tempo, essa mesma comunidade pode estar estabelecida em condições ótimas, na zona do trópico, e pode ter desaparecido totalmente da zona do equador. Por outro lado, cadeias de montanhas e outros acidentes geográficos podem determinar que as isotermas (linhas ao longo das quais a temperatura média anual é a mesma) não sejam paralelas ao equador e sim, ao contrário, sigam caminhos tortuosos. A comunidade que nos serve de exemplo, pode, nessas condições, progredir mais para o sul de um lado do continente do que do outro, ou pode avançar mais dos dois lados de uma cadeia de montanhas que corre de norte a sul sem, entretanto, estabelecer-se na parte montanhosa, que ainda pode estar fria demais. Assim, uma distribuição inicial contínua, pode fragmentar-se em zonas separadas por barreiras.

Fenômeno comparável ao da migração para latitudes mais altas, também ocorre nas encostas das montanhas. Comunidades que estavam bem adaptadas no vale migram montanha acima à medida que o clima se vai tornando mais quente. E, isso também pode fragmentar a comunidade em vários grupos isolados pelo vale, acima de montanhas diferentes. Está demonstrado que isto aconteceu, por exemplo, na parte sul dos montes Apalaches, nos Estados Unidos. Esses que viviam na planície durante o último período glacial se deslocaram para altitudes maiores e se dividiram em populações locais hoje isoladas pelos vales. Este processo de isolamento geográfico permite que populações diferentes de uma mesma espécie evoluam em direções diferentes produzindo, mais tarde, espécies novas, diversas.

Em 1880, Alfred Russell Wallace resumiu os conceitos que estamos discutindo, ao descrever, de uma maneira geral, a história porque passa cada espécie. Conclui êle, de seus estudos, que uma nova espécie, que aparece por evolução em determinada localidade, tende a expandir sua distribuição, depois se fragmenta em colônias menores e finalmente se extingue. Uma das coleções mais bem conhecidas de fósseis serve para ilustrar êste ponto (Figura 6.1). Trata-se da

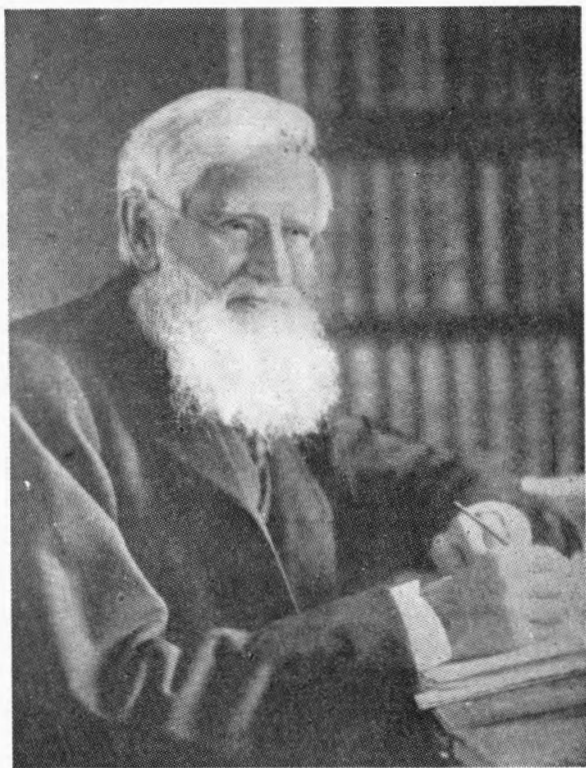


Fig. 6-1 — Alfred Russel Wallace (1823-1913)

evolução dos camelídeos. Hoje em dia, a família dos camelos é representada no mundo apenas pelas llamas da região andina e pelos camelos da Ásia e da África. Não existem populações nativas de camelídeos em nenhuma outra parte. Entretanto, a família tem representantes fósseis na América do Norte mostrando que os camelídeos viveram lá desde a uns 60 milhões de anos até cerca de 20 mil anos antes dos nossos dias. Também existem fósseis de camelos na Ásia e

é claro, portanto, que os camelídeos ocuparam, inicialmente, todo o continente Americano e o Asiático (fase de expansão da distribuição) e depois se extinguiu na maior parte de sua distribuição estando representada apenas por populações restritas totalmente isoladas em dois continentes diferentes (fase da fragmentação). A última fase, a de extinção, ainda não ocorreu na família dos camelos, mas pode ser ilustrada pela dos mastodontes, hoje completamente extinta.

A velocidade de dispersão varia muito de espécie para espécie. Várias árvores só começam a produzir frutos depois de trinta ou mais anos e suas sementes, uma vez formadas, se dispersam apenas por uma região próxima. Para uma espécie de pinheiro norte-americano calculou-se, por exemplo, que sua velocidade máxima de dispersão corresponde apenas, a cerca de um quilômetro por cem anos. Muitas plantas erbáceas, por outro lado, podem disseminar-se à igual distância dentro de um ano, e os esporos de bactérias e fungos podem atravessar um continente em muito pouco tempo carregadas pelos ventos da parte alta da atmosfera. Considerando-se longos períodos de tempo geológicos, mesmo o pinheiro acima citado têm uma velocidade de dispersão praticamente instantânea. Por exemplo, os fósseis da família dos cavalos aparecem, pela primeira vez, ao mesmo tempo na Eurásia e nas Américas, num determinado período geológico. Ao tempo da descoberta, a família dos cavalos estava completamente extinta nas Américas. Nos Estados Unidos, o coiote e o tatu tem progredido para leste, de ano para ano, à partir das planícies do sudoeste onde estavam confinados quando o homem branco aí se estabeleceu. Ao contrário, o lobo e o castor continuam até hoje confinados nas montanhas altas do oeste e não estenderam sua distribuição. Provavelmente o lobo pode viajar mais depressa do que o coiote ou o tatu, mas a velocidade da marcha não tem grande importância na dispersão da espécie. O importante é que ela encontre, nos novos territórios, condições que lhe permitam a sobrevivência. Isto parece que tem acontecido com o coiote e o tatu, mais não com o lobo ou o castor.

6.2.5 Resultados da dispersão

Os principais arquipélagos do mundo ficam próximos a continentes e deles receberam parte da sua fauna e flora. Entre eles estão as ilhas da Indonésia e da Melanésia, no Pacífico Ocidental, e as Antilhas. As principais ilhas desses arquipélagos possuem alguns animais terrestres naturais do lugar, mas sua fauna é tão limitada que os roedores cons-

tituem uma boa parte dos mamíferos presentes. Também os lagartos tendem à ser desproporcionalmente numerosos entre os répteis e as aves e morcegos são, em geral, muito numerosos. O mais interessante é que os representantes dessas faunas estão distribuídos de acôrdo com uma certa ordem, ao longo do arquipélago de acôrdo com a rota de imigração vinda do continente para as ilhas. Quanto mais largos os braços de mar que separam a primeira ilha do continente e as ilhas sucessivas umas das outras, mais difícil é para um animal do continente atingir as diversas ilhas. Em certos casos as barreiras são realmente tão grandes que a probabilidade de sucesso é muito pequena. Quanto mais longinqua fica a ilha, e quanto mais largos são os intervalos entre elas, menor a probabilidade de que uma determinada espécie continental chegue até lá. Certas espécies podem atravessar os braços de mar com maior facilidade do que outras. Por exemplo, os esporos vegetais levados pelo vento e os pequenos animais roedores têm maior facilidade de realizar a travessia do que os mamíferos terrestres maiores, ou os sêres de água doce.

Na maioria dos casos, quando o organismo consegue chegar ao novo local, nem por isso está garantido que aí se estabeleça, porque as condições ecológicas podem ser adversas. Pode faltar-lhe um companheiro para a reprodução, ou alguma planta indispensável para seu alimento ou, se se trata de um vegetal, pode faltar um inseto polinizador. Outras vêzes tudo isso existe, mas o nicho típico dêsse organismo já pode estar ocupado por alguma espécie que têm as mesmas exigências e o recém-chegado pode ser eliminado na competição.

Outras vêzes dá-se o contrário. A espécie se instala num lugar isolado, que apresenta condições ideais, e não encontra competidores que ameacem sua permanência. O novo território como que estava esperando por ela. Foi o que aconteceu quando as primeiras árvores do gênero *Eucalyptus* penetraram na "ilha continente" da Austrália. Existiram aí inúmeros nichos ecológicos desocupados, por exemplo, para árvores de floresta fria e da floresta quente, para árvores altas e baixas, de lugares ensolarados ou de sombra, e pedra. O gênero ocupou êsses nichos por meio de uma *radiação adaptativa* a inúmeras espécies diferentes.

Exemplos dêsse tipo de radiação ocorreram em muitas outras áreas isoladas. Nas ilhas Hawaí, antes da chegada do capitão Cook, noventa por cento das espécies e vinte por cento dos gêneros eram autótones (originários do lugar) e não ocorriam em nenhuma outra parte. Nas ilhas Galápagos, na costa do Equador, existe um grupo de aves que ocupou

numerosos nichos disponíveis, em consequência de uma radiação adaptativa que deu origem a espécies de hábitos muito diversos: algumas só comem pequenas sementes, outras sementes grandes; umas fazem ninho no solo e outras nas árvores; há as que vivem de frutos, ou de besouros. Há mesmo uma espécie que colhe com o bico um espinho de cactus e com êle caça larvas que vivem dentro dos troncos das árvores como se fôsse um pica-pau; isso foi possível porque êsse nicho ecológico estava desocupado, visto como não existiam pica-paus na ilha. Darwin foi o primeiro a tirar conclusões importantes para o mecanismo da evolução das espécies, da observação dessas interessantes aves de Galápagos. (Fig. 6-2).

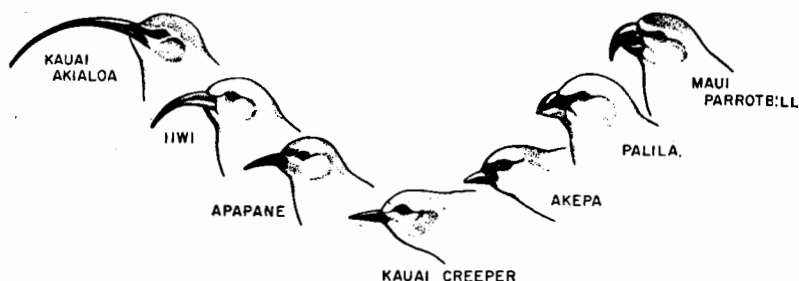


Fig. 6-2 — Adaptação em aves do Hawaí

Em geral, um número cada vez mais reduzido de espécies atinge os territórios mais longínquos de uma rota de dispersão, seja porque o acúmulo de barreiras se torna cada vez mais difícil de transpor, seja porque o ambiente é cada vez mais diferente do original.

Em certos casos a distribuição dos biomas ou das espécies toma uma forma de faixa, como é o caso ao longo das praias ou ao longo das encostas das montanhas. Distingue-se, nessas situações, várias faixas paralelas, ocupadas por comunidades diferentes: por exemplo, nas praias, uma que está instalada na zona de maré baixa, outra na zona de maré alta, uma terceira na parte de areia que raramente é atingida pelas ondas, e assim por diante. Essas faixas funcionam como se fossem filtros: as espécies de uma delas tendem a invadir a outra mas, só algumas delas podem fazê-lo, de modo que algumas são típicas de uma única faixa enquanto outras conseguem infiltrar-se pelas faixas vizinhas. Do mesmo modo, como vimos, no caso da migração para as ilhas de um arquipélago, umas poucas espécies apenas con-

seguem chegar às mais longinquas ilhas enquanto as outras vão se perdendo pelo caminho.

6.3 ENDEMISMO

A distribuição presente de cada bioma resultou da interação desses diversos fatores e ainda de outros que não analisamos, de modo que o lugar ocupado presentemente por cada bioma e por cada espécie é o resultado de uma longa história, quer a área ocupada seja grande ou pequena, contínua ou fragmentada. Chamamos de *endêmica* a que ocupa uma área relativamente restrita. De acordo com o conceito de Wallace que examinamos acima, tais espécies podem representar a primeira fase de sua história, isto é, podem ser espécies recém-formadas que ainda não tiveram tempo de alargar sua dispersão, ou então, podem ser relíquias, espécies muito antigas prestes a desaparecer.

O botânico americano M.L. Fernald levantou uma hipótese interessante sobre o endemismo, baseada em observações que fez em certas montanhas da Nova Inglaterra que, segundo ele julgava, não teriam sido cobertas pela camada de gelo continental que se formou sobre as partes mais baixas durante a última era glacial. No topo dessas montanhas encontrou ele certas espécies endêmicas representadas por indivíduos com muito pequena variação, isto é, cada população era muito uniforme. Concluiu ele que estas plantas tendo ficado confinadas em áreas muito restritas, cercadas de gelo, ficaram, por certo tempo, reduzidas a um número restrito de indivíduos que mantiveram apenas uma pequena parte da variabilidade genética inicial da espécie. Os descendentes desses indivíduos formaram populações muito uniformes de modo que, quando o gelo desapareceu, essas populações não tinham tipos capazes de tolerar as condições ecológicas um pouco diferentes das das regiões circunvizinhas, e não puderam ampliar sua área de distribuição. Em outras palavras, o longo período de confinamento no topo das montanhas tornou essas populações altamente uniformes e estritamente adaptadas às condições aí existentes. A evolução as conduziu a uma espécie de beco sem saída. Acontece, porém, que pesquisadores que exploraram a região mais tarde encontraram pedras com sinais da glaciação no topo dessas montanhas, de modo que a hipótese não se aplica para este caso. Entretanto, a idéia talvez seja verdadeira para certas espécies endêmicas de *Iris* da Flórida e do estado de Georgia, às várias espécies de pinheiros endêmicos da Califórnia, à certos animais endêmicos do Texas e várias raças de cabritos de chifres grandes que ocorrem nas montanhas Rochosas.

Se tais espécies apresentam hoje uma variabilidade extremamente reduzida, em consequência de um longo período de confinamento, numa área muito restrita, pode ser que elas se encontrem impossibilitadas de ampliar sua dispersão e portanto estão arriscadas a se extinguir, ilustrando assim a última fase da seqüência escrita por Wallace.

Outro tipo de endemismo é aquele em que um bioma especial explora um conjunto pouco comum de condições físicas. Um caso dêsses é ilustrado pelas plantas que vivem nos chamados "solos serpentinosos" em vários lugares dos Estados Unidos. A serpentina é um tipo especial de rocha que forma solos especialmente ricos em magnésia e pobres em muitos outros sais importantes para as plantas, como o cálcio. Pois bem, em tais solos se encontram muitas espécies de plantas endêmicas que sobrevivem aí mas não conseguem vencer a competição de outras plantas que dominam as áreas vizinhas. Por outro lado, só elas conseguem medrar em solo peculiar. Quando artificialmente transplantadas para terrenos normais, essas plantas sucumbem ao ataque de micro-organismos do solo aos quais suas raízes aparentemente não conseguem resistir. Elas estão, portanto, estritamente adaptadas ao seu próprio ambiente.

Em síntese, a distribuição presente das espécies e dos biomas resulta de dois processos relacionados: as migrações da espécie causadas pelas modificações graduais do clima e de outros fatores ambientais e as modificações evolutivas da própria natureza genética da espécie, as quais também se dão lentamente por intermédio dos fatores evolutivos, tais como as mutações e a seleção natural. Podíamos imaginar, simbolicamente, uma espécie de mapa ou gráfico em que linhas horizontais representam, as alterações genéticas das espécies, e linhas verticais simbolizam as modificações graduais do ambiente. Os pontos de encontro representam a situação em cada lugar da terra, em que certas espécies, numa certa fase de evolução genética se encontram em um ambiente numa fase de evolução geológica que satisfaça as exigências da espécie em questão na fase evolutiva em que se encontra. Aí se estabelece a espécie. Embora, gráficos dêste tipo nada acrescentem ao que já sabemos, êles servem para salientar, mais uma vez, que os biomas se estabelecem em certas áreas e não em outras porque aí as condições do ambiente correspondem às exigências da espécie.

6.4 DISTRIBUIÇÕES DISJUNTIVAS

Um brasileiro que visite a Nova Zelândia — do outro lado do mundo — ficará admirado de encontrar lá o nosso

pinheiro do Paraná, isto é, pinheiros do mesmo gênero *Araucária*, embora de espécie diferente. Também um gaúcho que vá aos Estados Unidos poderá encontrar campos como os dos pampas. Nos dois casos biomas semelhantes não existem nas regiões intermediárias. No caso da *Araucária*, as espécies do Brasil e da Nova Zelândia são descendentes de ancestrais comuns, visto pertencerem ao mesmo gênero embora as exigências ecológicas sejam um tanto diferentes nos dois países. Por outro lado, as campinas gaúchas e norte americanas se estabelecem em ambientes ecológicamente muito similares, mas são formadas por espécies taxonômicamente bem diferentes. Existem carvalhos, bordos e faias, pertencentes às espécies muito aparentadas, na Europa e nos Estados Unidos. No caso dessas árvores, como no da *araucária*, dizemos que a distribuição é disjuntiva e a hipótese que logo ocorre para explicá-la (de acordo com o princípio de Occam) é que em algum tempo a Nova Zelândia e a América do Sul estiveram ligadas pelo continente Antártico de que, em tal época, o clima era aí suficiente ameno para permitir a existência de pinheiros. Já vimos que na Antártica se encontram fósseis de várias plantas típicas de clima temperado. Análogamente, a Europa e a América do Norte já devem ter estado ligadas, através da Ásia, de tal modo que as espécies que deram origem aos carvalhos, faias e bordos dos dois continentes puderam espalhar-se dos dois lados do Atlântico. Com a mudança do clima, os pinheiros deslocaram-se para o norte, de um lado e de outro do Pacífico, e se estabeleceu, finalmente, na faixa de clima mais adequado, no sul do Brasil, no Chile, na Argentina e na Nova Zelândia. Vemos como, determinada espécie ou bioma apresenta em cada ocasião, a distribuição geográfica que resulta, de um lado, das exigências genéticas da espécie, de outro lado, das características do ambiente. As campinas gaúchas e argentinas são hoje usadas para criação do gado mas, antes disso, eram o ambiente natural do guanaco, animal que se parece com o camelo asiático e ema, que é muito parecida com a avestruz africana. Aqui, de novo, vemos, em diferentes lugares, que a distribuição geográfica resulta do encontro das espécies adequadas em ambientes apropriados onde elas preenchem nichos ecológicos semelhantes.

Existe uma formação vegetal chamada chaparral na Espanha e na Califórnia, *macchie* na Itália e *maquis* no sul da França. Também ocorre no sudoeste da América do Sul, no Sudoeste da África, no sudoeste da Ásia e no sudoeste da Austrália. O aspecto geral é o mesmo em toda parte: há uma grande variedade de arbustos, na maioria de folhas permanentes e pequenas árvores. Em todos eles o clima é seme-

lhante, do tipo Mediterrâneo, com invernos chuvosos e não extremamente frios e verões secos e quentes. Com exame detalhado dos vegetais que formam êsses diversos chaparraís revela que eles são ecológicamente equivalentes mas as espécies que os formam tem origens evolutivas muito diferentes. As flôres e frutos dos arbustos são muito diferentes e indicam filiação a famílias diversas. Os animais que vivem no chaparral são também muito semelhantes: existem coelhos e raposas na Califórnia, tal como na França, na Turquia e na Espanha; há coelhos e raposas na América do Sul; mas, na Austrália, a espécie autótone que substitui o coelho é um marsupial. O coelho europeu foi levado para a Austrália recentemente pelos colonizadores ingleses. Por milhares de anos antes disso o nicho ecológico típico do coelho estava ocupado pelo marsupial e o da raposa por outro.

6.5 REGIÕES FAUNÍSTICAS E FLORÍSTICAS

Vamos passar em revista agora as grandes regiões do globo que se distinguem pelo tipo geral de plantas e animais que nelas vivem. E a existência dessas regiões biogeográficas decorre da presença de certas barreiras especialmente difíceis de transpôr, como são os oceanos para os animais terrestres e os continentes para os aquáticos. Essas barreiras podem ser climáticas, como as que formam os desertos do Sahara e da península Arábica, os quais dividiram a fauna e a flora de Ásia e da África tropicais em duas regiões, em ocasião muito recente do ponto de vista da escala geológica. Outras barreiras, como os braços de mar entre as ilhas da Indonésia, são ainda mais eficientes. A Austrália está separada da Ásia por uma extensão de oceano tão grande que, ainda hoje, se justifica considerar o continente australiano como formando, uma região biogeográfica distinta da Asiática. A separação entre América do Norte e América do Sul desapareceu, como vimos, em período relativamente recente; por isso as duas regiões tem fauna mais semelhante hoje do que antigamente, mas ainda não houve tempo para desaparecer certas diferenças importantes.

Uma barreira física, como por exemplo um braço de mar, pode ser mais difícil de transpôr para um animal de grande porte do que para insetos ou plantas, mas uma barreira climática, embora possa chamar menos atenção, às vezes é mais intransponível do que parece. Certas plantas, por exemplo, não conseguem colonizar determinada área porque os invernos aí são muito amenos. Tais plantas evoluíram em regiões de inverno muito frio e apresentam, uma

adaptação, que consiste em produzir brotos ou sementes que ficam durante um longo período em vida latente e só saem dela sob a ação de um inverno rigoroso. Isto é vantajoso nas latitudes altas porque, se não fôsse isso, essas sementes ou brotos começariam a se desenvolver antes do inverno e morreriam quando êste chegasse. Entretanto a característica é inconveniente numa região em que não faz muito frio, visto como falta aí o estímulo para o início do desenvolvimento.

A duração do dia é outro fator que influencia a vida de muitas plantas e de alguns animais. Certas plantas são de dias longos, isto é, florescem apenas quando os dias são longos como é o caso, nas regiões circumpolares, durante o verão, mais continuam meramente a produzir as partes vegetativas (caules, fôlhas) quando os dias são curtos. Ao contrário há também as plantas de dias curtos, que têm exigências opostas. Evidentemente a dispersão dessas plantas para regiões em que os dias têm duração inadequada é impedida. Isto mostra, que não são apenas as barreiras físicas, como as montanhas e os mares, que contribuem para limitar a dispersão das espécies.

A distribuição atual dos organismos de acôrdo com os climas é muito diferente da que existiu em épocas anteriores da história do mundo. Durante a maior parte da era Mezo-sóica os climas eram mais amenos na maior parte da superfície da terra e as faunas e floras que hoje consideramos tropicais, ou pelo menos representativas de climas amenos, se estendiam muito mais do que atualmente em direção aos polos. No período Cenozóico ocorreu uma acentuada modificação nessa distribuição, acompanhada, ao que parece, por uma intensa seleção de tipos vigorosos e ecológicamente agressivos, tanto entre os mamíferos como entre as plantas angiospermas. Estes dois grupos de organismos são hoje os mais conspicuos, porque são relativamente abundantes, cobrem largos territórios e são de tamanho grande de modo que dominam os biomas em que vivem. Por isso os biogeógrafos consideram a parte do hemisfério norte em que dominam os mamíferos como formando uma única região, a Olártica. Outras regiões são caracterizadas, de modo análogo, pela predominância de certos grupos de animais ou plantas. A divisão do mundo em umas poucas regiões biogeográficas, baseada principalmente nas tendências evolutivas recentes dos vertebrados, forçosamente não pode ser rigorosa, e comporta muitas exceções. Na prática, ela é, entretanto, útil pois resultou do estudo da distribuição de inúmeras plantas e animais, reflete nossos conhecimentos sôbre o passado e ajuda a entender a distribuição presente.

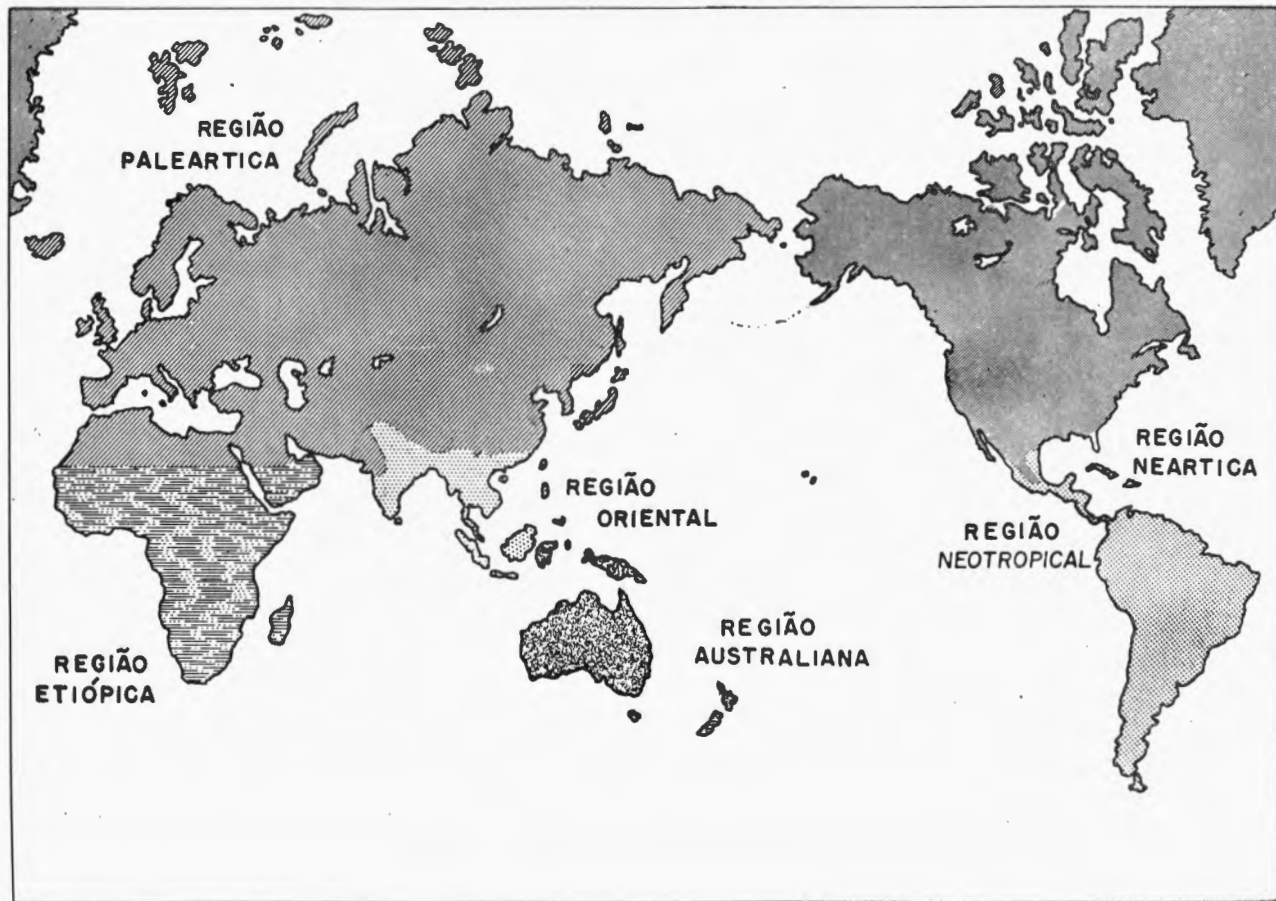


Fig. 6-3 — As áreas de Wallace

6.5.1 As áreas de Wallace

No verão de 1886, Alfred Wallace tomou um barco na ilha de Bal e rumou para a ilha mais próxima a leste. Escreveu êle:

“Encontro agora, pela primeira vez, diversos organismos Australianos, completamente ausentes nas ilhas do oeste. As cacatuas brancas (um tipo de arara) começam a ser abundantes e seus gritos, sua bela plumagem branca e suas cristas amarelas as tornam um componente típico da paisagem. Esta é a localidade mais ocidental do mundo em que qualquer membro da família se encontra.

Esta mudança abrupta dos tipos de fauna foi mais tarde batizada com o nome de “Linha de Wallace”. Se os pontos de vista sobre a distribuição das faunas do globo tem sido confirmados pelo estudo comparado de animais atuais e fósseis, bem como de certas regiões continentais que, segundo se acredita, constituíam barreiras oceânicas no passado.

6.5.2 A região da Australásia

A região mais completamente isolada hoje em dia é a região da Australásia. Embora a Austrália e as ilhas circunvisinhas representem um continente muito antigo, a presença de alguns dinossauros de grande porte do período *Cretáceo* que lá foram encontrados mostra que, pelo menos até esse período, a Austrália tinha comunicação com o resto do mundo. A distribuição dos peixes de água doce indica em que ocasião passou ela à formar um continente separado. A dispersão desses animais, que não podem viver na água salgada, depende muito da transformação do curso dos rios através da evolução geológica produzida pela erosão, pela reunião de estuários determinada pelo depósito de grandes aluviões nos deltas e, talvez, em muito pequena escala, pelo transporte propiciado por ocorrência raras como grandes inundações resultantes do bloqueamento de rios. Acontece que a grande maioria dos peixes modernos de água doce, *Ostariophysiae* estavam apenas começando a aparecer no fim do período *Cretáceo*. Os peixes pulmonados, do tipo que ocorre na Austrália, eram cosmopolitanos durante toda a era *Mezossóica*. Em Bornéu, a oeste da linha de Wallace, existem, pelo menos, trezentas espécies de *Ostariophysiae* de água doce; nas ilhas Célebes, que fica

apenas 136 quilômetros para leste, ocorrem apenas duas espécies, e ambas, provavelmente, foram introduzidas recentemente pelo homem. Os peixes pulmonados da Austrália são hoje apenas os remanescentes de um grupo que já dominou as águas doces do mundo, e só não se extinguiu porque as barreiras da linha de Wallace impediram a entrada dos seus competidores.

Há outros grupos de animais antiquados na região da Australásia: por exemplo, os mamíferos Monotremos, que põem ovos, representadas por dois gêneros: o ornitorrinco e o equidna. As barreiras de isolamento evitaram também que outro grupo primitivo de mamíferos, os marsupiais, que carregam os filhotes recém-nascidos dentro de uma bolsa ventral, sucumbissem ante a competição com os mamíferos placentados que hoje dominam o resto do mundo. Conhecemos o único marsupial que sobreviveu fora da Austrália: o gambá. Uma amostra da importância desse grupo em tempos passados nos dão, entretanto, os marsupiais da Austrália, que lá ocupam variados nichos explorados hoje, no resto do mundo pelos mamíferos placentados. Os gambás ocupam na América tropical apenas uma posição discreta, como onívoros arborícolas ou de campos. Na Australásia, ao contrário, ocorrem nos desertos marsupiais que parecem ratos, outros que são como camundongos, os quais caçam insetos e lagartos nos desertos castigados pelo sol; há marsupiais que são como gatos, outros como tamanduás ou como lobos. Outros ainda fazem canais dentro do solo ou se lançam de um galho a outro executando um tipo de vôo pouco eficiente. O coala é como um pequeno urso e só come folhas de uma certa espécie de *Eucalyptus*. O maior de todos é o canguru cinzento que pasta nos campos abertos como fazem os ungulados em outros continentes. Os menores são os wallabes e os cangurus das árvores que vivem em campos arbustivos e florestas.

Os placentados modernos da Austrália são apenas os morcegos, para os quais a barreira marítima não é difícil de cruzar, e o homem com os animais que carregou consigo. O cachorro nativo australiano, o dingo, existe lá certamente porque o homem primitivo o levou consigo. Os colonizadores ingleses introduziram seus próprios cães, os carneiros e o gado além dos coelhos, os quais depois se tornaram umas das mais sérias pragas do continente Australiano até que suas populações foram extremamente reduzidas quando os cientistas, deliberadamente, introduziram nelas o vírus mixoma. Coisa semelhante aconteceu com os cactus que foram introduzidos como plantas ornamentais mais se espalharam pelas campinas estragando as pastagens até que, recentemente, sua multipli-

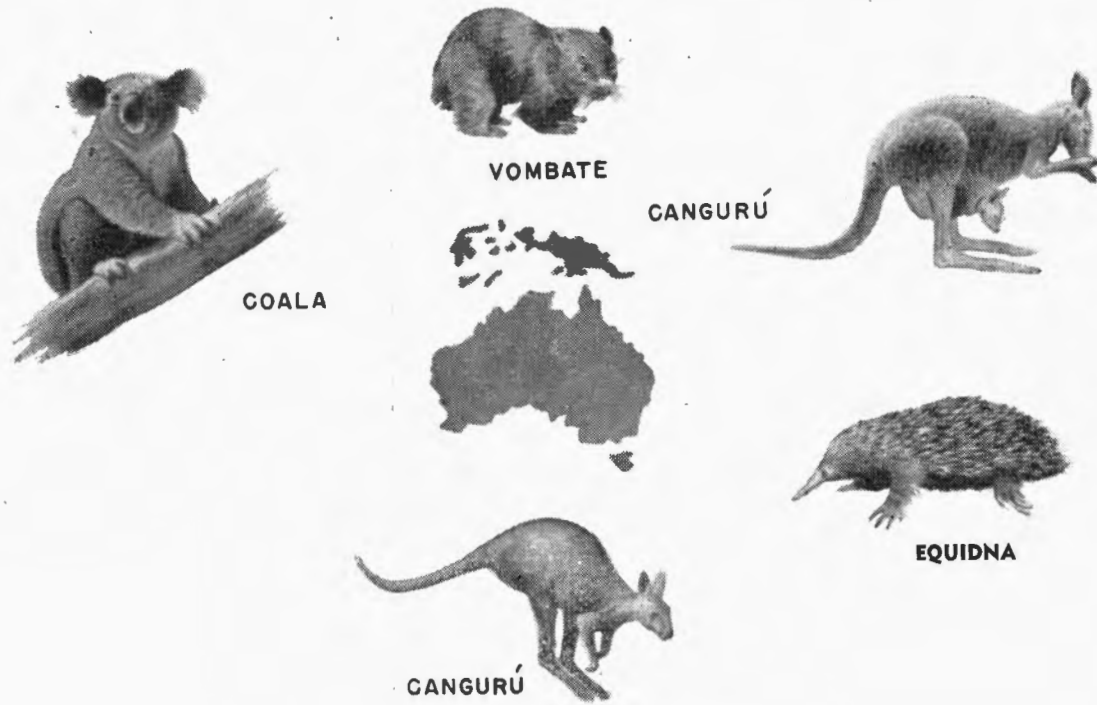


Fig. 6-4 — A região Australiana

cação está sendo reduzida pela introdução de insetos importados que os atacam.

Em geral, a Australásia representa uma região que é o último reduto de uma fauna que desapareceu do resto do mundo sob a pressão competitiva de mamíferos mais agressivos. Depois que o homem moderno diminuiu este isolamento, os grupos de animais antiquados da Australásia estão, em geral, sucumbindo ante os invasores introduzidos de fora. Uma das poucas exceções são os *Eucalyptus* que foram introduzidos pelo homem na América do Sul, na África e na Califórnia e pode vir a tornar-se um componente ainda mais importante da flora mundial.

6.5.3 A região Paleotropical

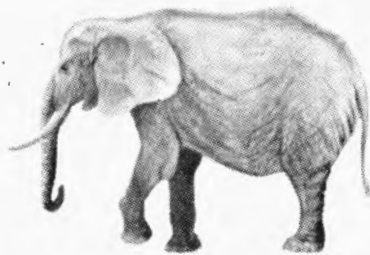
Até cerca de cinquenta milhões de anos atrás, uma extensão do Mediterrâneo separava a Índia e a parte sudeste da Ásia do resto do continente Asiático. O fundo deste prolongamento do Mediterrâneo se elevou e se afundou algumas vezes, deixando pontes de terra entre a parte da África que fica ao Sul do Sahara e as massas de terra tropical do sul e sudeste Asiáticos. Finalmente esta larga bacia Mediterrânea se elevou e sofreu dobras nas duas extremidades constituindo as cadeias de montanhas dos Pyreneus e do Himalaya as quais funcionam como barreiras entre a parte tropical e o norte Asiático, sua direção é, de um modo geral paralela ao Equador, de modo que, ela corta o continente Eurásico, numa parte tropical no sul separada da parte norte, por uma importante barreira de picos nevados e dos planaltos secos do Tibet e da Mongólia.

Naturalmente tem havido alguma troca de espécies através desta barreira, como, por exemplo, os elefantes que devem ter surgido na África e se esparramaram para o norte e para leste; e vários antílopes que se espalharam para o oeste a partir da África. O hipopótamo e a girafa surgiram na África no Pleistoceno inferior e aí chegaram, certamente, imigrados da Ásia, de onde desapareceram totalmente. Por outro lado, algumas espécies se mantêm até hoje dos dois lados da barreira ou deram origem de um lado e outro à gêneros muito semelhantes. Assim é que tanto na África como na Ásia tropical existem elefantes, rinocerontes, búfalos, leões, leopardos, pitões, cobras e crocodilos. Os macacos só ocorrem na região Paleotropical: gorilas e chimpanzés da África, orangotangos e gibões no sudeste da Ásia. A medida que se descobre fósseis mais significativos, torna-se cada vez mais evidente que a espécie humana surgiu também nesta região. Os primatas da região Paleotropical apresentam habitats um tanto similares e regime alimentar semelhante; nenhum deles se

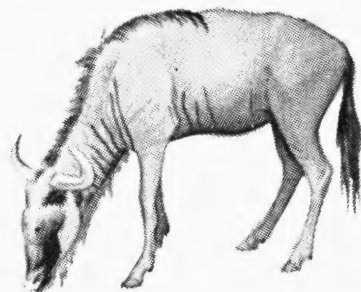
ZEBRA



ELEFANTE



GNU



GIRAFA



GORILA



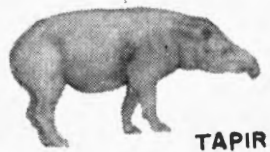
Fig. 6-5 — Mamíferos da região etiópica

pendura pela cauda como fazem os do novo mundo (Figura 6-5).

As glaciações que ocorreram no Pleistoceno causaram um efeito drástico no clima e nas populações da zona Paleártica e Paleotropical. Nesta última alternaram-se períodos de chuvas copiosas e de seca. A floresta pluvial da região Paleotropical provavelmente se expandiu e se reduziu várias vezes durante esse período contribuindo com novas espécies para outros biomas ou sendo substituídas por campinas e desertos. É assim que nas formações de chaparral da África do Sul, onde predominam as espécies da família das proteáceas, estão separadas das florestas pluviais do Congo pelo deserto de Kalahari e os vales úmidos do Himalaya mantém uma flora rica em lauráceas, magnólias e orquídeas epifitas mais parecida com a flora tropical, do que com a Paleártica. Aí ocorrem pavões e outras aves de origem tropical ao lado de ursos e veados provenientes da Eurásia.

6.5.4 A região Neotropical

Durante o período terciário médio, ou pouco depois, a região que hoje é ocupada pela América Central estava submersa ora em uma zona ora em outra por longos períodos (Figura 6-6). Antes dessas submersões os marsupias já existiam aí e deles descendem os gambás atuais. Também ocorriam nessa zona os fantásticos tigres de dente de sabre, cujos fósseis se encontram tanto na América do Sul como na do Norte. Os desdentados passaram por uma evolução muito prolífica e ainda são hoje representados pelos tamanduás, preguiças e tatús, que são os ridículos descendentes de tatus tão grandes como as vacas e das preguiças gigantes, (*Megatherium*), que eram maiores do que os ursos. Os representantes que hoje são típicos da fauna da América do Sul, como as antas, llamas, veados, raposas, otários, coyotes, ursos, raccoons e skunks além de uma variedade de felinos, são imigrantes provenientes da América do Norte que conseguiram se expandir para o sul depois da elevação da América Central no Plioceno. Com eles vieram também os mastodontes, cavalos e tigres de dente de sabre, além de vários roedores, que não sobreviveram até hoje. Portanto, a fauna de vertebrados Neotropicais atual é uma mistura de alguns representantes da fauna antiga que foi invadida e em parte exterminada pelos recém-chegados da América do Norte. As vezes a invasão foi lenta e gradual, mas deve ter havido casos de catástrofes repentinas, semelhantes ao que aconte-



CAPIVARA



Fig. 6-6 — Região Neotropical

ceu nos grandes lagos da América do Norte com a introdução da lampréia marinha que praticamente destruiu a população de trutas e poposanos. Outras vêzes foi o invasor que desapareceu, mas, em geral extinguiu-se as formas mais antigas que se tinham desenvolvido na América do Sul sob a proteção de um isolamento longo. Apenas alguns grupos sul americanos primitivos se espalharam para o norte: foi êsse o caso do porco-espinho, dos tatús e dos gambás; no mais, os animais do norte foram em geral os que saíram vitoriosos na luta pelos nichos ecológicos disponíveis de modo que vieram a ocupar uma grande variedade de habitats na América Central e na América do Sul. O jaguar, a onça parda, que representa nas Américas o papel do leão Africano, é um dos mamíferos de maior dispersão geográfica: vai do Atlântico ao Pacífico desde Canadá até o Chile e suas várias raças ocupam praticamente todos os biomas de ambos os continentes.

A flora sul americana parece que resistiu a invasão muito melhor do que os animais. As enormes reservas de espécies de orquídeas e bromélias, samambáias, seringueiras, moráceas, madeiras de lei, castanheira do Pará e centenas de outras árvores continuam até hoje formando a maior massa de floresta pluvial tropical do mundo na bacia Amazônica, até as encostas dos Andes e no Sul da América Central. No resto, existem campinas, campos cerrados, desertos e chaparraais, além das associações vegetais das alturas andinas, de modo que a fitogeografia sul americana é tão variada e rica como de qualquer outra parte do mundo. Florestas de ginospermas, cobrem ainda largas áreas no sul e, como vimos, representam os restos de uma flora antártica que também persistiu na Nova Zelândia. No outro extremo encontra-se, na Nicaragua, o limite entre a floresta tropical e as formações de pinheiro e carvalho que já pertencem a região Olártica.

6.5.5 A região Olártica

Há uns seis milhões de anos, quando mais uma vez a América do Sul e a América do Norte ficaram ligadas, formou-se também um istmo entre o Alasca e a Sibéria. O clima, por essa época, era muito mais quente junto do polo norte, muito embora não fôsse mais tão úmido e quente em períodos anteriores. Muitas plantas e animais atravessaram o istmo Alasca-Sibéria permitindo que a América do Norte e a Eurásia trocassem boa parte de sua fauna e flora. Isso explica a grande semelhança entre os organismos que se encontra na América do Norte e na Eurásia, e justifica que se

agrupe estas vastas regiões numa única divisão biogeográfica a região Olártica. Os bordos, faias e os Norte Americanos tem espécies correspondentes na China, no Japão, na Pérsia e na Europa. Os elmos, carvalhos, abetos e vidoeiros Norte Americanos são muito semelhantes aos russos e alemães. Também entre os animais encontram-se pares de gêneros correspondentes: o bisonte dos Estados Unidos tem um representante na Polônia; certos veados, de vários tipos, ocorrem na Europa e na América no Norte. Os cavalos desapareceram do continente Americano até que novamente foram introduzidos, da Europa pelo homem. Os ursos, lobos, lince, martas, e caribus da América do Norte têm também seus representantes na Europa. Os camelos se originaram na América do Norte e se espalharam tanto para a Ásia como para a América do Sul onde ainda existem representantes da família, completamente extinta hoje na América do Norte. As antas ou tapires provavelmente se disseminaram da mesma maneira enquanto que certos grupos, se mantiveram exclusivamente norte Americanos.

Durante o Pleistoceno o clima oceânico, ameno da parte norte do continente norte americano se tornou gradativamente mais frio, e em consequência, dividiu a flora terciária em dois segmentos. As florestas de Sequóia que antes cobriam todo o arco formado pelo Alasca, a Sibéria e o istmo que os unia, ficou confinada a duas zonas separadas, com o gênero *Sequoia* no sul da costa do Pacífico, na América do Norte e o gênero *Mesasequoia* numa região remota da China. Ao mesmo tempo o resfriamento da parte setentrional da América do Norte, da Europa e da Eurásia permitiu que a tundra ártica se desenvolvesse para o sul e passasse por um período de diversificação de espécies. Encontram-se hoje, nas tundras mais de 850 espécies de plantas na América, muitas das quais também tem representantes na Eurásia. As aves Neárticas também visitam a Europa, e vice-versa.

A migração do homem europeu para a América do Norte teve um grande impacto sobre as formas de vida da região neártica. Muitas plantas trazidas pelo homem, como macieiras e pereiras, ervilhas, trevo, alface, dente-de-leão, substituíram em largas regiões a flora original norte americana e o trigo, a cevada, o centeio, o gado, os carneiros e os porcos deslocaram os animais que viviam nas campinas. Por outro lado o homem trouxe consigo ratos e camundongos, piolhos, pulgas e percevejos e muitas doenças do velho mundo que afetaram drasticamente as populações de plantas e animais norte-americanos. Por outro lado, a batata, o milho, o feijão, e a abóbora foram enriquecer os suprimentos alimentares da Europa e da Ásia mas são todos de origem

Americana. A Europa também recebeu do nosso continente imigrantes indesejáveis como o rato almiscareiro, o besouro que estraga as batatas, e outros. O tipo de civilização que o homem desenvolveu principalmente na Europa e na América do Norte se esparramou nos últimos séculos por todo mundo com profundos e, por vêzes, desastrosos efeitos sôbre as espécies das outras regiões. O homem é sem dúvida um dos mais antigos agentes da dispersão de espécies e de sua extinção.

SUMÁRIO

Ao estudarmos a distribuição das plantas e animais de nosso planeta, encontramos freqüentemente biomas distintos, lado ao lado, e também biomas semelhantes em regiões separadas por enormes distâncias.

Estes fatos se explicam pelo complexo jogo entre a **pressão de dispersão** que têm as espécies e os biomas e a existência de barreira. Conforme sejam as exigências ecológicas da espécie ou do bioma, determinado conjunto de fatores ambientais pode representar uma oportunidade de alargamento da distribuição, ao contrário, uma barreira intransponível.

Quando uma espécie consegue um novo ambiente encontra em geral, oportunidades para ocupar diferentes nichos e passa por uma fase de **radiação adaptativa** com evolução em direções divergentes que redundam na formação de um grupo variado de espécies novas. Na fase inicial e na final da história de uma espécie ela forma, freqüentemente, populações estreitamente localizadas em determinados habitats que chamamos de **endêmicas**. Para decidirmos se uma espécie endêmica está próxima da extinção ou ao contrário, é uma espécie recém-formada é preciso estudar cuidadosamente a distribuição atual e passada do gênero a que pertence.

Quando encontramos em localidades isoladas espécies ou biomas muito semelhantes, essa **distribuição disjuntiva** pode ser explicada de dois modos: em alguns casos, resulta de uma evolução convergente de espécies geneticamente muito distintas e evoluíram para formar organismos parecidos porque os nichos ecológicos disponíveis eram idênticos; em outros casos, espécies aparentadas, oriundas do mesmo tronco evolutivo, persistiram em zonas extremas de sua distribuição mas se extinguíram nas zonas intermediárias.

As maiores divisões biogeográficas são as regiões Australasiana, Paleotropical, Neotropical e Olártica. A última é, às vêzes dividida nas regiões Neártica e Paleártica. As diferenças entre as faunas e floras de regiões distintas refletem os períodos de isolamento que atravessaram, durante os quais formaram-se, por evolução, espécies distintas em cada região. Mas houve também, repetidamente períodos em que as barreiras se atenuaram e as regiões se comunicaram por rotas de migração. Isto explica a presença de componentes comuns aos semelhantes na flora e fauna de regiões distintas.

Nos tempos recentes o homem se tornou em poderoso agente biogeográfico, promovendo a **pré-distribuição** de espécies, controlando o crescimento de suas populações e determinando a extinção de várias.

Questões:

- 1 — Qual o papel dos fósseis para compreensão da distribuição geográfica dos seres vivos?
- 2 — Como os mecanismos de dispersão das plantas mais simples lhes possibilitam maior distribuição?
- 3 — Dê alguns exemplos de mamíferos da zona Neartica que apresentam semelhança com animais da região Paleártica? Como se explica a existência de tipos diferentes (como o anti-lope) que se encontram na América do Norte e não na Europa?
- 4 — A Australia é “diferente”. Qual o significado desta expressão em biogeografia.
- 5 — Descreve as adaptações que permitem os marsupiais australianos ocupar os nichos que são ocupados por outros mamíferos em outras regiões.
- 6 — De que forma os longos períodos de isolamento entre regiões Neartica e Neotropical influíram no desenvolvimento dos tipos da região Neotropical.
- 7 — Que tipos de comportamento influem na dispersão dos animais?
- 8 — Qual o papel do homem na distribuição dos seguintes seres: ratos, piolhos, cães, pardais, cactus, coelhos, vermes, bactérias e peixes.
- 9 — Por que algas e fungos se distribuíram mais amplamente que orquídeas e dalias.
- 10 — Porque o “Dente de Leão” (*Taraxacum*) se distribui tão amplamente.
- 11 — Como faria para estabelecer a quanto tempo atrás uma ilha estêve ligada ao continente.

CAP. VII

A HISTÓRIA
DA VIDA

Os fósseis nos indicam que já existiam seres vivos na terra em tempos extremamente remotos, mas não nos indicam como a vida começou nem como eram os seres vivos mais primitivos, porque os fósseis mais antigos que conhecemos já representam organismos com uma longa história atrás de si. É razoável admitir que as plantas e animais muito primitivos tinham o corpo mole, sem esqueleto para ficar preservado nos depósitos geológicos. Além disso os primeiros seres vivos eram provavelmente microscópicos. Por outro lado os sedimentos mais antigos, conhecidos como *Precambrianos* estiveram por tanto tempo submetidos a processos geológicos diversos, como a ação do calor, da pressão e de movimentos da crosta que qualquer fóssil delicado porventura conservado nêles tenha grande probabilidade de ser destruído. De fato, tem-se encontrado, fósseis muito raramente nessas rochas mais antigas.

Não encontrando nas rochas indicação direta sobre a origem da vida, os cientistas foram forçados a levantar hipóteses, baseadas em certas possibilidades e probabilidades, e calcadas, por outro lado, em conhecimentos modernos de bioquímica. A mais aceita dessas teorias foi proposta pelo bioquímico

russo A. P. Oparin, em seu livro "A Origem da Vida", publicado em 1936. Examina êle, de início as condições de ambiente que deviam existir no começo da história da terra, quando ela ainda estava extremamente quente e a crosta era ainda muito instável. Os elementos químicos que constituíam a parte superficial dos continentes, os mares e atmosfera não estavam presentes nas mesmas proporções em que existem hoje e os átomos se associavam de inúmeras maneiras, formando moléculas relativamente transitórias. Esta situação durou por bilhões de anos. Partindo daí, Oparin concluiu que a atmosfera terrestre era principalmente composta de certos gases como o metano, o amoníaco, e o vapor d'água. Não existia nela o oxigênio ou nitrogênio livres nem gás carbônico em quantidades apreciáveis. Sob a ação de tão altas temperaturas, o oxigênio e o nitrogênio livres se perderiam facilmente nos espaços interplanetários e, por outro lado, o oxigênio se combinaria com silício, alumínio, o ferro e outros elementos, formando óxidos que, até hoje, constituem a maior parte da crosta da terra. O metano e os compostos metálicos do carbono são mais estáveis, a temperaturas altas do que o carbono, e por isso, muito provavelmente faziam parte da atmosfera. As propriedades do gás amoníaco são também mais adequadas do que a dos compostos de nitrogênio e oxigênio para que o gás permanecesse na atmosfera.

Oparin continua seu raciocínio considerando que, quando a temperatura da terra se tornou inferior a 100 graus, o vapor d'água da atmosfera começou a condensar-se, formando lagos e oceanos. Compostos orgânicos simples, como álcoois começaram a formar-se na água quente pelo encontro de átomos de carbono com amônia, água e algum hidrogênio.

Stanley Miller e Harold Urey, na Universidade de Chicago, realizaram uma experiência que dá forte apóio a essa hipótese. Fazendo passar amoníaco, metano, vapor d'água e hidrogênio junto à uma faísca elétrica, verificaram êles a formação de compostos orgânicos: alguns amino ácidos simples. A faísca elétrica serviu como fonte de energia para que a síntese dos amino ácidos se processasse, de modo que podemos admitir que, nas condições primitivas da terra, os raios tenham agido da mesma maneira.

Durante milhões de anos se acumularam assim, compostos orgânicos nos oceanos e lagos produzindo uma espécie de "caldo ralo quente" no qual moléculas mais complicadas começaram a formar-se à partir das mais simples. O encontro casual de moléculas pode ter dado origem, finalmente, às substâncias orgânicas complexas capazes de crescer e se multiplicar: essas duas propriedades são as mais típicas dos seres vivos e, portanto, estas substâncias podem ter sido o início da formação do organismos.

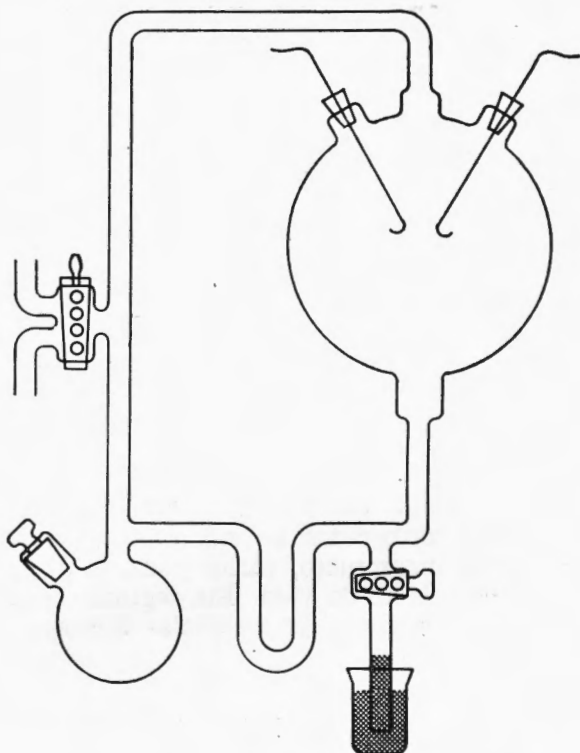


Fig. 7-1 — Aparelho usado para síntese de aminoácidos na experiência de Miller e Urey.

Essas primeiras proteínas, capazes de crescer incorporando substâncias existentes na água em torno, ilustram uma espécie de transição entre os seres brutos e os seres propriamente vivos. Mesmo hoje existem seres desse tipo — os vírus mais simples, os quais, podem ser obtidos em forma pura e cristalina e guardados num frasco por tempo indeterminado sem perder sua capacidade infectante.

Segundo a teoria de Oparin, os primeiros seres vivos eram consumidores capazes de utilizar substâncias orgânicas existentes na “sopa rala quente” em que estavam mergulhados e eram incapazes de sintetizar sua própria substância a partir de substâncias minerais. Isto parece estranho à primeira vista porque estamos acostumados a colocar os produtores na base das pirâmides alimentares. Mas, é difícil imaginar como poderia o complicado mecanismo da fotossíntese ocorrer nos organismos primitivos, relativamente tão simples e formados de apenas uma ou poucas proteínas. Na verdade, é mais fácil

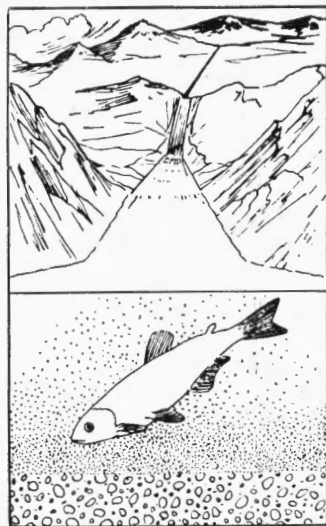
imaginar como a vida começou do que como se iniciou nos seres vivos, o mecanismo da fotossíntese.

Já que ele existe hoje, não há dúvida que, de algum modo, através da evolução, o complicado aparelhamento celular que desempenha a fotossíntese chegou a formar-se. Por esta época já devia haver bastante dióxido de carbono acumulado como resultado da atividade respiratória (isto é da oxidação), de modo que não faltavam os materiais indispensáveis para fotossíntese (CO_2 e H_2O). Por outro lado, à medida que se acumulava na atmosfera o oxigênio produzido pela fotossíntese, os seres vivos foram podendo desenvolver mecanismos bioquímicos de maior eficiência. Existem hoje bactérias verdes e púrpura que executam um tipo de fotossíntese que talvez represente uma transição para o tipo comum nas plantas verdes. Algumas das bactérias púrpura não são fotossintéticas, mas a luz aumenta a eficiência de sua utilização de alimento orgânico.

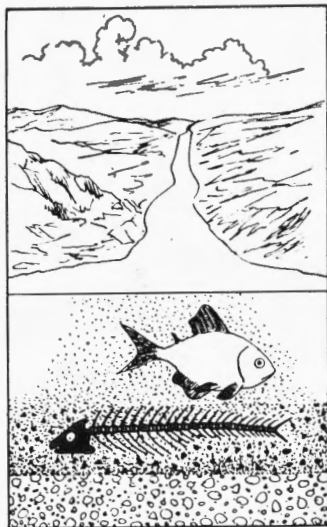
Para que serve essa especulação? Por um lado, ela relaciona muitos fatos conhecidos, de modo que reúne, num todo inteligível, embora incompleto, vários pedaços de informação que temos sobre a origem da vida. Em segundo lugar, a hipótese de Oparin tem sugerido experiências importantes, como a de Muller e Urey.

7.2 FÓSSEIS, SEDIMENTOS E TEMPO

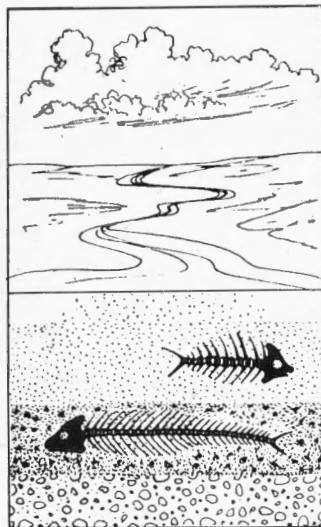
O que discutimos atrás é em grande parte hipotético: uma excursão mental do desconhecido. Voltemos agora nossas vistas para a documentação sólida que os fósseis nos fornecem para vermos como eram os seres vivos mais antigos. Os fósseis são restos do corpo de seres vivos que ficaram preservados nas rochas, ou qualquer indício da existência desses seres (como pegadas, etc.). As vezes, um animal se preserva inteiro, como no caso de mamutes encontrados dentro do gelo na Sibéria e no Alasca, mas em geral o que se conserva são as partes duras do corpo das plantas e dos animais (tecido lenhoso, conchas, ossos) as quais sofreram um processo de petrificação. A petrificação consiste na impregnação dos poros das estruturas conservadas com substâncias minerais carregadas pela água de infiltração. Esse processo, extremamente lento, em geral não altera a forma dos órgãos impregnados, nem mesmo sua estrutura microscópica. As vezes, como no caso de folhas, os fósseis são restos carbonizados lentamente. Outras vezes os fósseis são moldes deixados na rocha por organismos que se decompuseram totalmente. Também são fósseis as pegadas deixadas pelos animais na



DEPOSIÇÃO



DEPOSIÇÃO



DEPOSIÇÃO

Fig. 7-2 — Formação e exposição dos fósseis

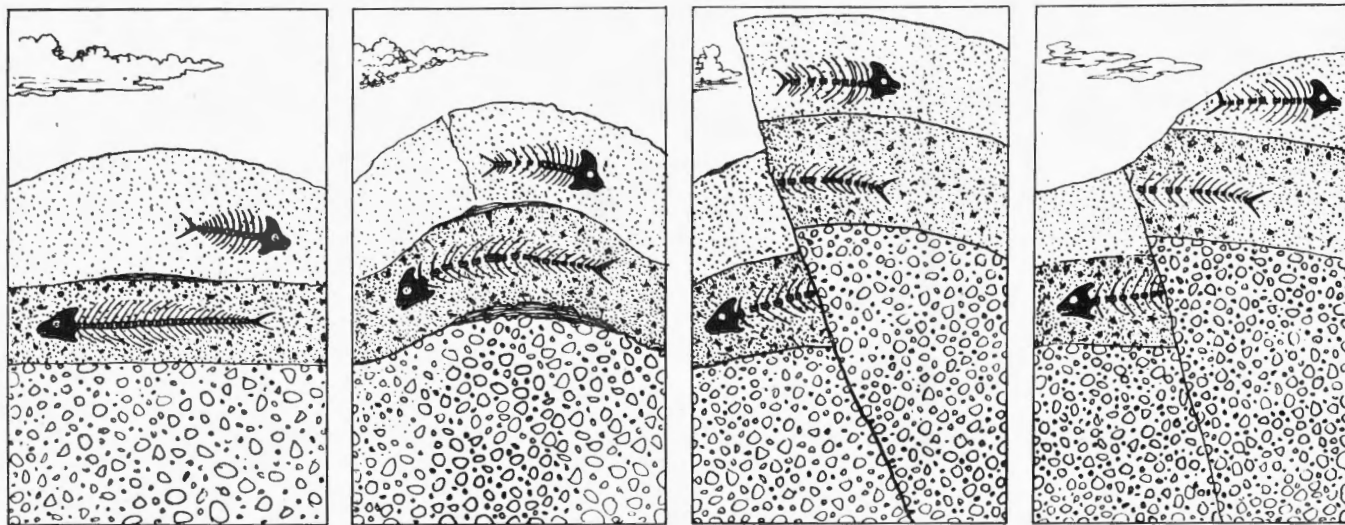
**LEVANTAMENTO****DOBRAMENTO****FALHAMENTO****EXPOSIÇÃO**

Fig. 7-2 a — A divisão do tempo geológico e os principais acontecimentos que ocorreram na evolução da vida e dos ambientes.

lama que depois endurece, os canais, tubos e ninhos feitos por animais, e até as fezes que deixam. Assim, a coleção de objetos em que se baseia o trabalho do paleontologista é, por vezes, bem esquisita.

Região fóssil

As rochas em que os fósseis se conservam são sedimentares: calcários, arenitos, argilas, areias e lama. Esses sedimentos se acumulam no fundo dos oceanos, lagos e lagoas, no leito dos rios e regatos, nos areais, sob a forma de dunas levantadas pelo vento, ou nas morainas deixadas pelas geleiras. Os sedimentos se vem depositando na terra à muitos bilhões de anos, desde que a água e o vento começaram a erodir os continentes num ponto e carregar os resíduos da erosão para outro lugar (Figura 7-2 e 7-2a).

As camadas de sedimentos ficam, em geral, empilhadas umas sobre as outras como as folhas de um livro. Este livro da terra não é bem conservado; suas folhas estão amarratadas, comprimidas, rasgadas e muitas faltam completamente. Frequentemente sedimentos que se depositaram originalmente em camadas horizontais sofrem dobras, quebras ou falhas produzidas pelos movimentos da crosta através dos tempos ou são removidas pela erosão. Disto resulta que só se consegue entender o que os fósseis revelam depois de se coordenar os achados proveniente de muitas localidades do globo de modo que se reconstrua a sequência de fósseis depositados, completando-se os iatos existentes num lugar com os dados obtidos em outro. Todo esse trabalho tem de ser avaliado criticamente, corrigido e completado, levando-se em conta os distúrbios produzidos na sequência dos fósseis pelas forças que atuam na crosta terrestre. Isto tem sido uma obra complexa que vem ocupando a atenção de muitos geólogos e paleontologistas por mais de século e meio.

É claro que os sedimentos que ficam por baixo são mais antigos do que os que se depositaram por cima, a não ser que os movimentos da crosta tenham invertido a posição dos sedimentos, o que às vezes ocorre. Assim, os fósseis que se encontram nos sedimentos mais profundos representam organismos que viveram em tempos mais remotos. Esta relação, tão evidente, passou despercebida até o começo do século dezenove quando o inglês William Smith, após muitos anos de observação no campo, estabeleceu o princípio de que cada camada de sedimento contém fósseis característicos. Dai para cá, o estudo cuidadoso de inúmeros fósseis encontrados em camadas superpostas de rocha permitiu que se estabelecesse a se-

qüência dos organismos que ocuparam a terra através da sua longa história.

7.3 O TEMPO GEOLÓGICO

A figura 7.3 mostra a escala de tempo usada pelos geólogos e paleontologistas, a qual se aplica à tóda história da terra até o ponto em que conhecemos de modo que sua maior parte se refere as rochas Precambrianas antiquíssimas, nas quais os fósseis são extraordinariamente raros. A parte que começa com o período Cambriano e vem até os nossos dias está muito melhor conhecida porque aí existem fósseis abundantes. Calcula-se que o período Cambriano iniciou-se a cêrca de meio bilhão de anos. Como a idade da terra é hoje avaliada em cêrca de 4 ou 5 bilhões de anos, os fósseis nos contam apenas perto de um décimo da história da terra.

Vários métodos têm sido empregados para avaliar a extensão, em anos, dos diversos períodos geológicos. Uma das primeiras tentativas neste sentido se baseava na relação entre a espessura da camada de sedimentos considerando o tempo necessário para se depositar, em média, um metro de sedimentos. É claro que êste método é muito grosseiro visto como os sedimentos não se acumulam sempre com a mesma velocidade. Hoje usa-se um método muito mais preciso, baseado em nossos conhecimentos recentes sôbre a desintegração atômica. Os elementos radioativos se desintegram com velocidade constante e a desintegração os transforma em novos elementos. Pesquisas rigorosas de laboratório permitiram determinar, para cada elemento radioativo, a vida média, isto é, o tempo necessário para que certa quantidade do elemento perca metade de sua radioatividade. Conhecida a vida média pode-se determinar a idade de uma rocha ou de um fóssil que contém um elemento radioativo tomando como base a razão entre a quantidade deste elemento e do nôvo elemento que sua desintegração produz. Por exemplo, sabe-se que o urânio se desintegra dando, chumbo, através de uma série de etapas. Sabe-se, também, que o potássio radioativo se desintegra dando argônio e que o rubídio radioativo produz estrôncio. Dosando-se, êsses elementos nas rochas pode-se calcular a idade, em anos, das diversas camadas superpostas. Embora ainda possam ocorrer erros nessas determinações, o uso do método possibilitou a construção de uma escala de tempo geológico que tem sido aceita, em geral, por todos os especialistas.

ERA	PERÍODOS E ÉPOCAS Nº DE ANOS (TEMPOS APROXIMADOS)		PLANTAS	ANIMAIS	CLIMAS
CENOZÓICO	QUATERNÁRIO	RECENTE	DOMINÂNCIA DE PLANTAS HERBÁCEAS	CULTURAS HUMANAS	{ ZONAS CLIMÁTICAS ESTAÇÕES GLACIAÇÕES CONTINENTAIS PERIÓDICAS NO NORTE
		PLEISTOCENO 1.000.000	ASCENÇÃO DAS PLANTAS HERBÁCEAS DECRESCIMO DAS ÁRVORES	EXTINÇÃO DOS GRANDES MAMÍFEROS APARECIMENTOS DO HOMEM PRIMITIVO	
	TERCIÁRIO	PLIOGENO 11.000.000	ASCENÇÃO DAS PLANTAS HERBÁCEAS DISPERSÃO DOS CAMPOS	ABUNDANCIA DE MAMÍFEROS	FORMAÇÃO DE CLIMAS TEMPERADOS E FRIOS EM DIREÇÃO AOS POLOS
		MIOGENO 25.000.000	DESENVOLVIMENTO DOS CAMPOS REDUÇÃO DAS FLORESTAS	AUMENTO DOS MAMÍFEROS	RESFRIAMENTO DOS CLIMAS
		OLIGOCENO 40.000.000	FLORESTAS TROPICAIS	APARECIMENTO DOS MAMÍFEROS	CLIMAS QUENTES SE PROPAGAM
		EOCENO 60.000.000	EXPANSÃO DAS ANGIOSPERMAS	MAMÍFEROS ARCAICOS	DELIMITAÇÃO DOS CINTURÕES CLIMÁTICOS
		PALEOCENO 70.000.000	MODERNIZAÇÃO DAS ANGIOSPERMAS	EXPLOSAÇÃO DOS MAMÍFEROS	DESENVOLVIMENTO DE CINTURÕES CLIMÁTICOS
MESOZÓICO	CRETÁCIO 135.000.000		ASCENÇÃO DAS ANGIOSPERMAS DECLÍNIO DAS GIMNOSPERMAS	{ EXTINÇÃO DE RÉPTEIS CLÍMAX DOS DINOSSAUROS APARECIMENTO DOS PEIXES TELEÓSTEOS	APARECIMENTO DAS MONTANHAS MODERNAS AUMENTO DA DIVERSIDADE CLIMÁTICAS
	JURÁSSICO 180.000.000		DOMÍNIO DAS CYCAS E CONÍFERAS	DOMÍNIO DOS DINOSSAUROS PRIMEIRAS AVES PROPAGAÇÃO DOS RÉPTEIS	DOMÍNIO DAS FLORESTAS TROPICAIS
	TRIÁSSICO 225.000.000		AUMENTO DAS GIMNOSPERMAS SUPERIORES	TRANSIÇÃO DOS RÉPTEIS PARA MAMÍFEROS AUMENTO DOS RÉPTEIS	DISPERSÃO DOS CLIMAS TROPICAIS E SUB-TROPICAIS
PALEOZÓICO	PERMIANO 270.000.000		DECLÍNIO DAS PLANTAS PRIMITIVAS	PRIMEIRA DOMINÂNCIA DOS RÉPTEIS	CLIMAS SE TORNAM VARIADOS GLACIAÇÃO NO HEMISFÉRIO SUL
	CARBONÍFERO 655.000.000		APARECIMENTO E DESENVOLVIMENTO DAS FLORESTAS CARBONÍFERAS	ANFÍBIOS DOMINAM AUMENTO DOS INSETOS	CLIMAS UNIFORMES E EXPANSÃO DOS MARES TROPICAIS
	DEVONIANO 400.000.000		PRIMEIRAS FLORESTAS PLANTAS TERRESTRES PRIMITIVAS	PRIMEIROS ANFÍBIOS EXPANSÃO DOS PEIXES PRIMITIVOS	CLIMAS UNIFORMES AUMENTO DE TEMPERATURA
	SILURIANO 440.000.000		PRIMEIRAS PLANTAS TERRESTRES CONHECIDAS	GRANDE EXPANSÃO DOS INVERTEBRADOS	PEQUENO RESFRIAMENTO NO CLIMA
	ORDOVICIANO 500.000.000		ALGAS MARINHAS DOMINANTES	PRIMEIRAS INDICAÇÕES DE PEIXES	CLIMAS QUENTES
	CAMBRIANO 600.000.000		ALGAS	NÚMEROSOS E VARIADOS INVERTEBRADOS	CLIMAS ESQUENTANDO PROGRESSIVAMENTE
PRÉ - CAMBRIANO			BACTÉRIAS E ALGAS	INVERTEBRADOS PRIMITIVOS	CLIMAS FRIOS NO FIM DO PRÉ-CAMBRIANO

Fig. 7-3 — Escala do tempo geológico

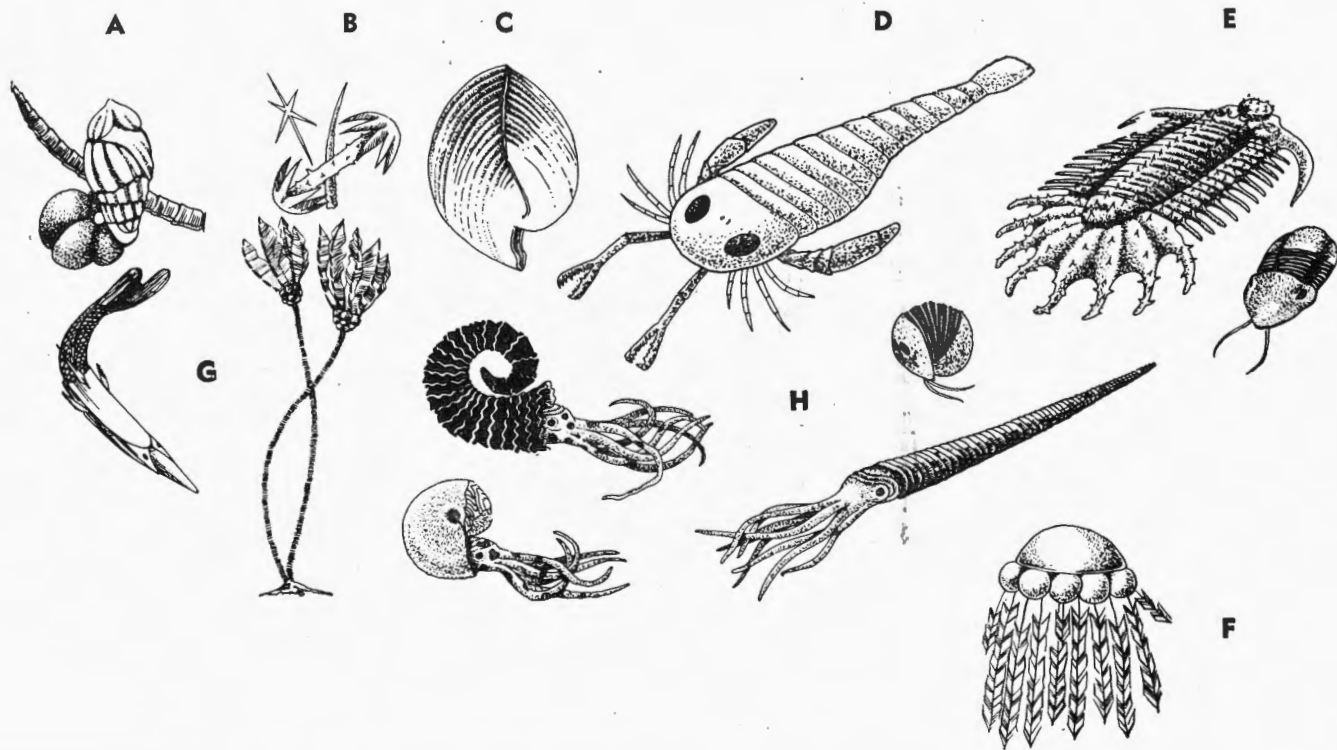


Fig. 7-4 -- Animais dos mares Paleozóicos. A) Foraminíferos; B) Espículas de esponjas; C) Braquiopodo; D) Pterygotus, um euripterídeo do Siluriano; E) Trilobitas do Devoniano; F) Graptolito; G) Crinóides; H) Nautilóides.

7.4 A VIDA NA ERA PALEOZÓICA

7.4.1 A Explosão Cambriana

Uma das características notáveis da sequência de fósseis é que ela começou de repente. As rochas Cambrianas apresentam fósseis em abundância, pertencentes à quase todos os filos de animais que hoje habitam a terra, com a única e importante exceção dos vertebrados (Fig. 7-4). Esta aparente "explosão" das formas animais do Cambriano significa, naturalmente, que, lá pelo começo da era Paleozóica, a maioria dos invertebrados já tinha evoluído a ponto de possuírem esqueletos ou carapaças protetoras constituídas de partes duras, fossilizáveis. Outro fato curioso é que os elementos Cambrianos não contém fósseis de plantas. É claro que deveriam haver plantas em abundância antes disso pois, como vimos no capítulo I, não pode haver vida animal sem que existam plantas. As plantas do Cambriano devem ter sido marinhas e não puderam ser preservadas porque não tinham partes duras. Só depois que as plantas migraram dos oceanos para os continentes, no período Siluriano, desenvolveram tecidos duros de sustentação que permitiram que fossem preservadas como fósseis em larga escala. Em resumo, tudo leva a crer que antes do período Cambriano a terra foi habitada por inúmeras plantas marinhas e animais tanto aquáticos como terrestres de muitos tipos, mas tais organismos não apresentavam em sua estrutura tecidos suficientemente resistentes para serem preservados como fósseis.

7.4.2 A Dominância dos Invertebrados

O ambiente dos seres vivos nos tempos Cambrianos eram os oceanos, onde aparentemente a vida começou. As terras deviam ser, então, completamente nuas e assim permaneceriam ainda por muitos milhões de anos. No fundo dos oceanos viviam muitos organismos, tais como esponjas, celenterados, braquiópodos e algas. Mas que dominava a cena eram os trilobitas — artrópodos achatados, que engatinhavam no fundo dos mares com suas múltiplas pernas. Alguns deles atingiam 30 centímetros de comprimento. Estes interessantes animais atingem sua maior diversidade logo no início da sequência de fósseis, o que sugere a existência de adaptações à diferentes nichos ecológicos já no início dos tempos Paleozóicos. Através do resto desta era, os trilobitas foram declinando e finalmente se extinguíram. Em geral, entretanto, a diversidade de organismos no período Cambriano não era muito grande. Nos períodos subseqüentes ela

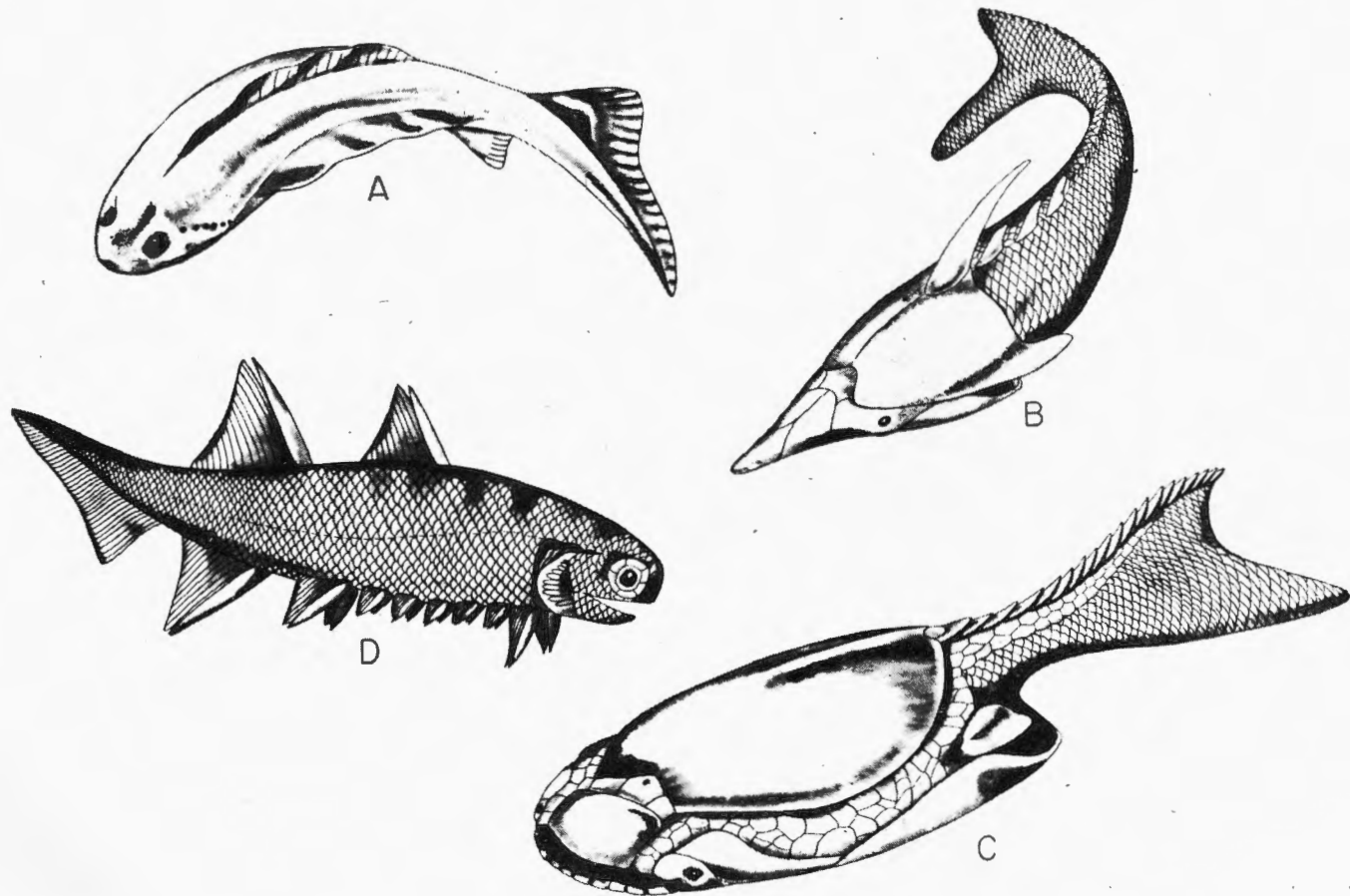


Fig. 7-5 — A) *Jamoytius*, do Siluriano, este fóssil é o agnata mais antigo do qual se tem um espécime completo. B) *Anglaspis*. C) *Drepanaspis*, ostracodermas do Devoniano. D) *Climatius*, um placoderma do Devoniano.

foi aumentando de modo que no período Ordoviciano e Siluriano encontravam-se grandes recifes de coral e de algas coralinhas onde viviam brachiopodos, trilobitas, equinodermas e vários moluscos. Entre estes, salientavam-se os cefalópodos de concha que foram os ancestrais dos polvos e lulas de hoje. Especialmente abundantes eram os graptolitas, animais pertencentes à um filo que apareceu no período Ordoviciano e se extinguiu no fim da era Paleozóica. Os graptolitas eram organismos coloniais ramificados, abundantíssimos nos mares Ordovicianos e Silurianos. Alguns deles cresciam presos ao fundo dos mares, como se fossem arbustos, outros flutuavam livremente por milhares de quilômetros quadrados de superfície oceânica pendurados em bóias. No fundo dos estuários e talvez dos rios e lagos, viviam os gigantes Eurypterodos, artrópodes predadores parecidos com os escorpiões, alguns dos quais atingiam três metros.

7.4.3 O Desenvolvimento dos Peixes

Os invertebrados continuaram a evoluir através do período Devoniano, mas por esta época já lhes fazia companhia um grande número de vertebrados. Antes desse tempo já existiam vertebrados, mas seus fósseis eram raros ocorrendo desde o Ordoviciano. Como nos casos dos invertebrados, o desenvolvimento inicial dos vertebrados, começou, provavelmente, com animais que não possuíam partes duras suficientemente fortes para resistir e formar muitos fósseis.

No Devoniano, os vertebrados eram em grela providos de armaduras fortes, o que provavelmente representa uma adaptação defensiva contra os poderosos Eurypterídeos. Os vertebrados mais primitivos foram ostracodermos, animais sem mandíbula, parecidos com as lampreias de hoje (ciclóstomos). Alguns ostracodermos, como o *Cephalaspis* se alimentavam no fundo do mar, abocanhando lama para dela retirar partículas alimentares com a boca circular localizada por baixo de um escudo chato que lhe cobria a cabeça. O corpo dos ostracodermos era coberto de escamas e seu corpo flexível terminava por uma nadadeira caudal. Outros ostracodermas se alimentavam, evidentemente, na superfície da água, pois tinham o corpo semelhante à peixes nadadores delgados (Figura 7-5).

Também se encontravam nas águas do Devoniano os placodermas, que são os primeiros vertebrados que desenvolveram mandíbulas. No Siluriano começou a formar-se a mandíbula, a partir de modificações sofridas por um dos arcos branquiais dos vertebrados sem mandíbulas. O aparecimento das mandíbulas tem uma significação especial na evolução dos

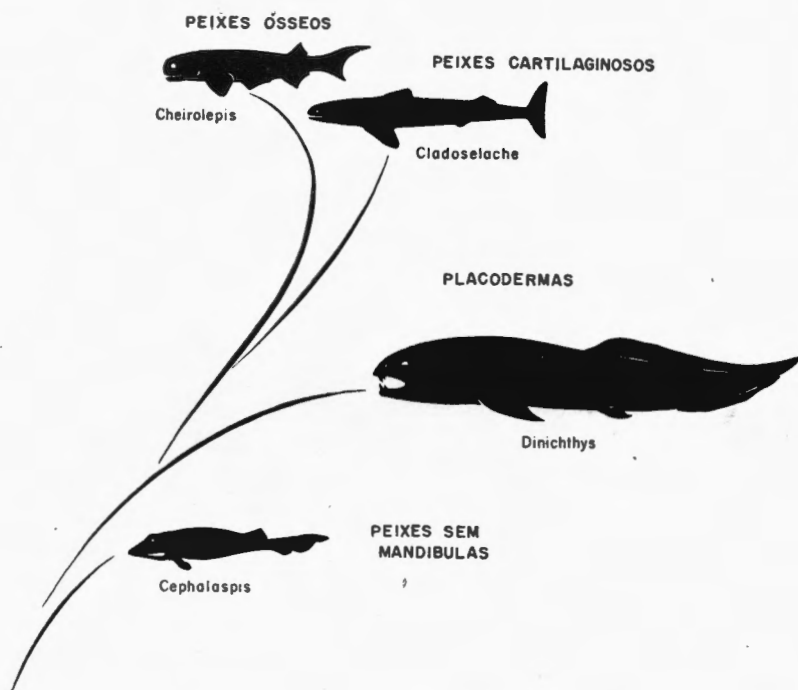


Fig. 7-6 — As quatro classes de peixes já viviam no Devoniano. *Cephalaspis* um ostracodermata representa um dos muitos agnatas existentes no Devoniano. *Dinichthys* é um placodermata. *Cladoselache*, um dos primeiros tubarões conhecidos, é um dos representantes do bem sucedido grupo dos Chondrichthyes. *Cheirolepis* é um dos Osteichthyes, peixes de esqueleto ósseo.

vertebrados. Elas permitiram que estes deixassem de ser apenas pequenos animais, sugadores de água ou lama. Possuíam eles agora mandíbulas capazes de cortar e triturar alimentos duros, e, muito úteis como arma de ataque. Isto permitiu que esses peixes passassem por uma fase de grande desenvolvimento, aumento de tamanho e variabilidade. Certos placodermos, como o *Climatius* eram pequenos e escamosos; outros, como o *Dinichthys*, eram gigantes de 6 metros de comprimento, provido de pesados escudos ósseos na cabeça e poderosas mandíbulas cortantes. Talvez o *Dinichthys* caçasse o *Cladoselache*, um tubarão do período Devoniano. Este pequeno peixe cujas partes moles e silhueta do corpo estão magnificamente preservados em certos depósitos perto de Cleveland, Ohio, nos Estados Unidos, eram como miniaturas dos tubarões modernos, em forma e estrutura. Foram eles membros de uma linha de evolução bem sucedida.

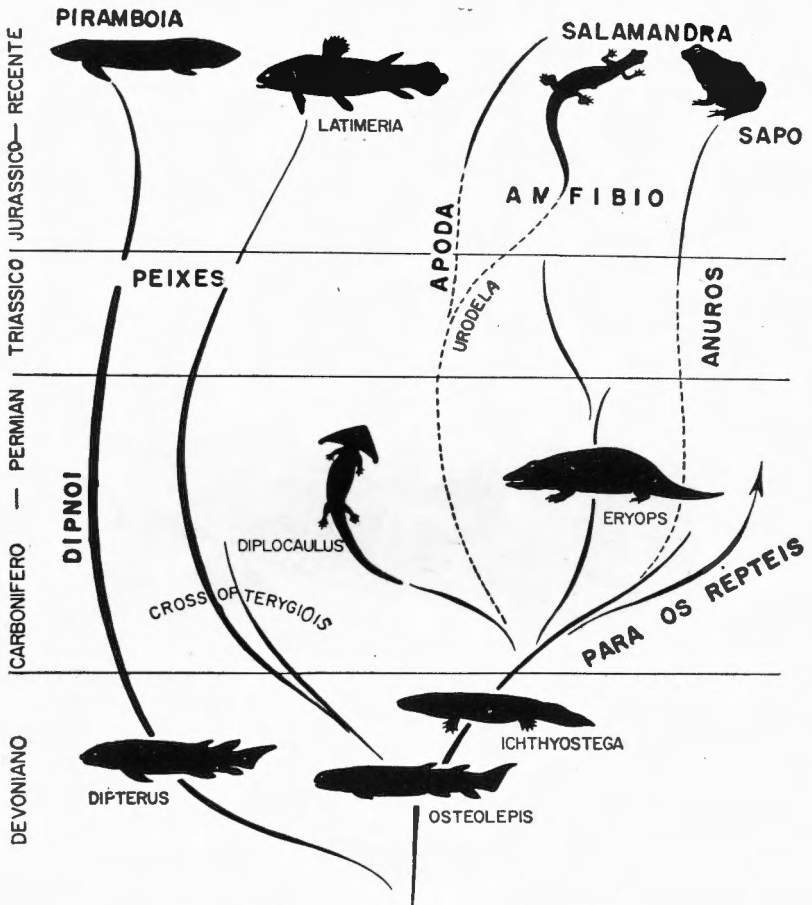


Fig. 7-7 — Evolução dos peixes e dos anfíbios. *Dipterus* é um antigo peixe pulmonado. *Osteolepis*, representa o tronco do qual evoluíram os crossopterígeos terminando no gênero atual *Latimeria*. Dêsse mesmo tronco nasceram os primeiros anfíbios, representados no Devoniano pelo genero *Ichthyostega*. O cume da evolução dos anfíbios se deu no Carbonífero e Permiano, quando êsses vertebrados se desenvolveram em duas linhas de radiação adaptativas, aqui representadas por *Eryops* e *Diplocaulus*.

Havia também peixes ósseos nos tempos Devonianos, todos providos de carapaça fortes e escamas espessas (Figura 7-6). O *Cheirolepis*, um peixe alongado, pode ser considerado como o ancestral dos peixes ósseos tanto marinhos como de água doce. O *Osteolepis* e o *Dipterus* tinham nadadeiras lobadas (que caracterizam os Crossopterígeos). O *Osteolepis* é especialmente importante porque representa um membro primitivo do grupo de peixes pulmonados que deram

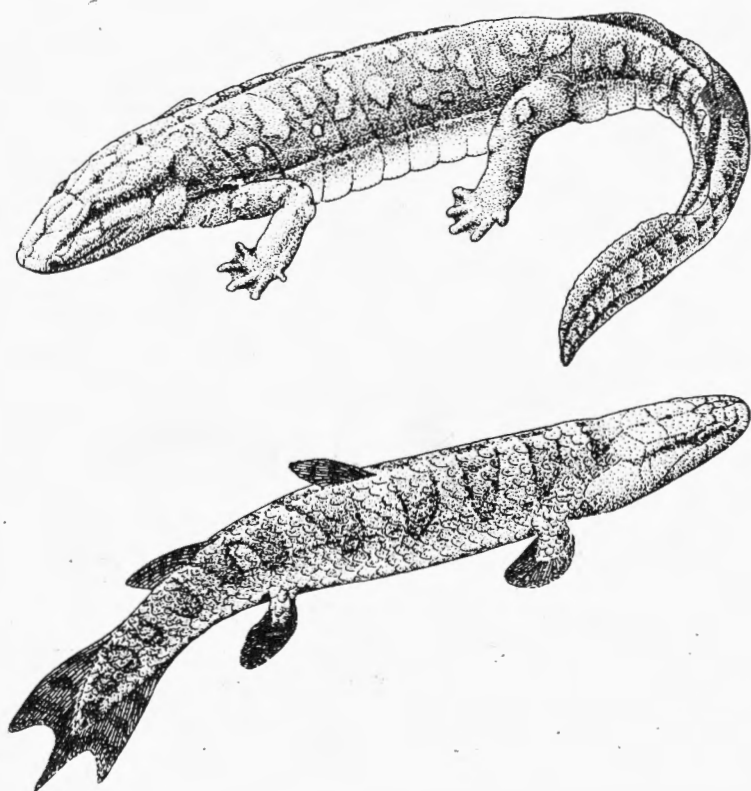


Fig. 7-8 — No alto *Ichthyostega*, um anfíbio primitivo do Devoniano relacionado ao crossopterígio *Eusthenopteron*, em baixo.

origem, mais tarde, aos vertebrados terrestres. O *Dipterus*, por seu lado, representa o tronco que deu origem aos peixes pulmonados de hoje. Certos descendentes do *Osteolepis* tinham nadadeiras lobadas fortes, dentro das quais, os ossos tinham disposição semelhante à dos ossos das pernas e pés dos vertebrados terrestres. Com certeza esta espécie de peixe podia sair da água e andar no seco por certo tempo. Dêles derivam os primeiros anfíbios de cabeça achatada que surgem no Devoniano superior (Figura 7.5 e 7.6).

Por esta época, os invertebrados já tinham conquistado a terra; por exemplo já se encontram escorpiões no Período Siluriano. Também certas plantas tinham migrado para a terra. No começo do Devoniano as plantas terrestres eram provavelmente raras, e viviam junto das costas em lugares

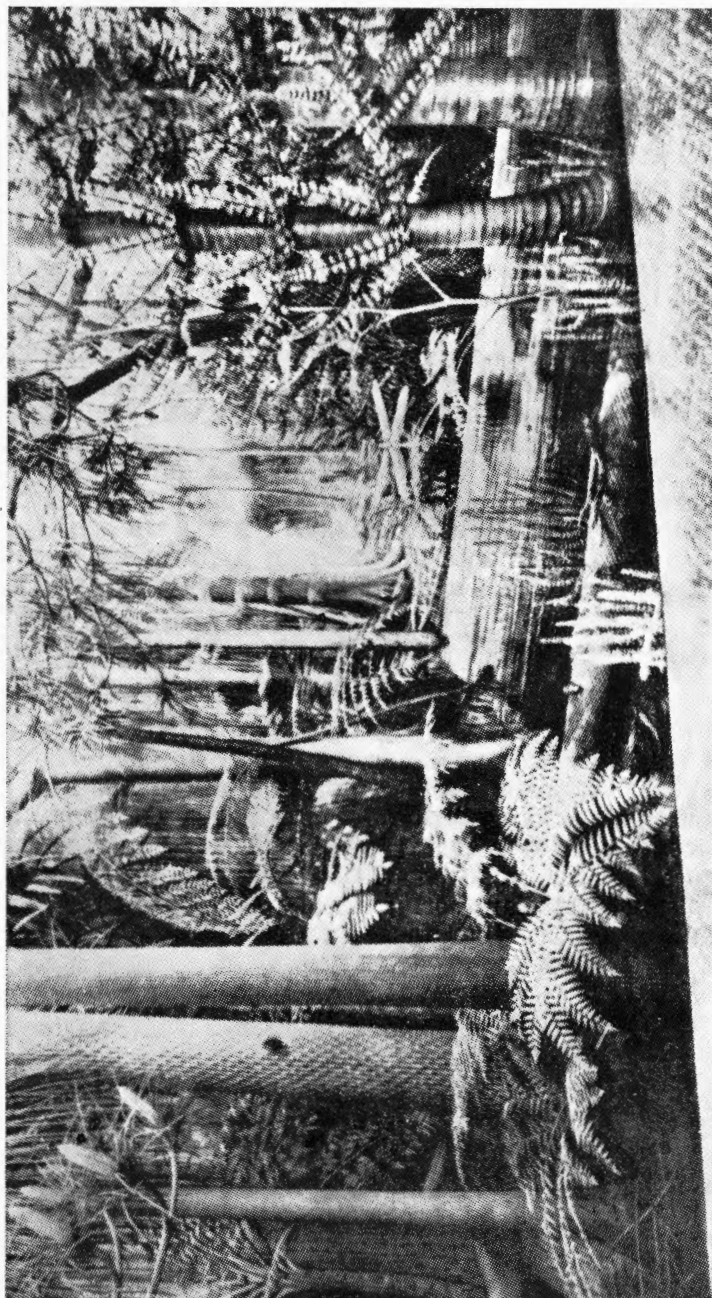


Figura 7-9 — Reconstrução de uma floresta Carbonífera.

onde a água era abundante. Mais adiante, no Devoniano, elas se estabeleceram firmemente no hábitat terrestre, de modo que, pelo fim deste período, já existiam até florestas formadas por parentes de vários grupos de Pteridófitas atuais (equisetínias, lycopodínias e filicineas). A paisagem era estranha e monótona mas o aparecimento de florestas de pteridófitas foi um passo importante na vida da era Paleozóica.

7.4.4 O período Carbonífero e os anfíbios

O período Carbonífero (que costuma ser dividido pelos geólogos americanos em dois: o Mississippiano e o Pensilvaniano) se caracteriza pela formação de grandes depósitos de carvão. Esses depósitos, de enorme importância econômica, se encontram por todo o globo e resultam de pantanais muito extensos que se espalhavam pelos continentes e onde os vegetais encontravam boas condições de fossilização. O clima, naquela época, era tropical e subtropical mesmo em regiões muito mais próximas dos polos do que hoje. As florestas arcáicas do Devoniano foram substituídas por matas exuberantes onde existiam frequentemente árvores com mais de trinta metros de altura (Figura 7.9). A maior parte delas eram Lycopodínias gigantes. Um dos gêneros era o *Lepidodendron*, que tinha grandes ramos cobertos de folhas finas e pontudas dispostas em espiral e produzia grandes cones. Outro gênero era a *Sigillaria*, cujas folhas eram longas como espadas e se acumulavam no topo dos ramos. Ainda outro era o gênero *Cordaites* formado por árvores coroadas de grandes folhas. (Fig. 7.10) Por baixo destas árvores gigantes, viviam as equisetínias, como as do gênero *Calamites* bem como pteridófitas e pteridospermas (as primeiras plantas produtoras de sementes, que foram a transição entre pteridófitas e gimnospermas). Tais plantas cresciam formando populações densas e, entre as folhas, corriam baratas gigantes e voavam lavadeiras



Figura 7-10 — Algumas árvores do Carbonífero: A) *Lepidodendron*; — B) *Sigillaria*; — C) *Cordaites*; — D) *Samambaia arborea*; — E) *Espermatófitas*

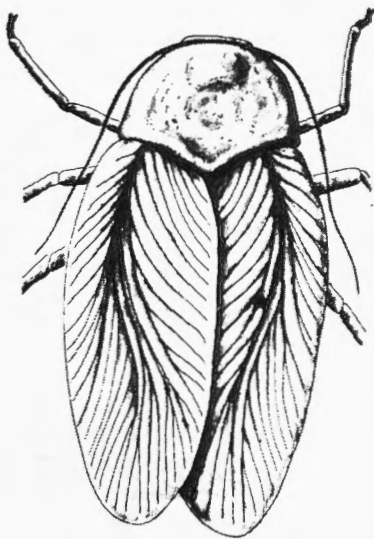


Fig. 7-11 — Insetos do Carbonífero.

(odonatas) de asas de meio metro de envergadura, além de outros insetos primitivos. (Figura 7.11).

Nos pântanos viviam anfíbios grandes e pequenos e os primeiros répteis primitivos. Os vertebrados já tinham, por essa época, invadido a terra firme, e passado por uma irradiação adaptativa que lhes permitiu ocupar numerosos nichos ecológicos.

Nas águas mornas dos mares deste tempo a vida pululava e se diversificava ainda mais. Os corais, os braqueiópodos, os moluscos e os equinodermas eram numerosos e variados a tal ponto que o fundo da águas razas apresentava um rico espectro de invertebrados coloridos, lembrando os mares tropicais de hoje. Muitos amonites (cefalópodes espiralados) também viviam neste ambiente onde também abundavam os peixes.

Todavia, pelo fim da era Paleozóica, houve uma elevação dos continentes que se tornaram mais áridos. Os mares rasos ficaram reduzidos em consequência da emergência das áreas continentais que anteriormente estavam submersas e pela elevação de cadeias de montanhas.

Foi um período de crise para os invertebrados marinhos. Muitas de suas populações foram de tal modo dizimadas que a sua extinção se tornou inevitável. Vários grupos de orga-

nismos desapareceram e os oceanos ficaram mais pobres do que nos tempos do Devoniano e do Carbonífero. O fim da era Paleozóica marcou, na verdade, o término da maior expansão da vida marinha.

7.4.5 O Domínio dos Répteis

Em terra, entretanto, a história seguiu de modo diverso. A elevação dos continentes determinou uma multiplicação dos tipos de ambiente. Os continentes não eram mais formados por extensas terras baixas cobertas de florestas monótonas. Havia agora montanhas e vales, pântanos e desertos com climas muito diversos. A variedade dos habitats oferecia novas oportunidades aos animais que a eles se pudessem adaptar. Aproveitaram-se disto especialmente os répteis, até então pequenos e primitivos, os quais dificilmente se pode dizer que fossem competidores sérios para os numerosos anfíbios que dominavam os pântanos do Carbonífero (Figura 7.16). Uma das vantagens que os répteis tinham era ovos com cascas protetoras que impediam o dessecação e permitiam a vida longe da água. A mudança geral do clima que prejudicou os anfíbios em favor dos répteis, e estes, durante o período Permiano sobrepujaram cada vez mais os anfíbios. A idade dos Répteis começou. (Fig. 7.12).

Os répteis do Permiano eram de diversos tipos. Os primitivos cotilossauros eram pesados e desajeitados, sendo alguns muito grandes. Os protorossauros eram pequenos e delgados, que realmente dominaram o período Permiano foram os pelicossauros e os terapsidas, que lembravam mamíferos. Esses répteis passaram por uma radiação adaptativa e deram origem à muitos tipos. Eram em geral carnívoros e agressivos. Alguns dos pelicossauros, como o bem conhecido *Dimetrodon* e o *Edaphosaurus*, apresentavam enormes nadadeiras no dorso; alguns dos therapsidas como o *Lycaenops* eram muito parecidos com os mamíferos, tinham a cabeça como o do cachorro, grandes dentes caninos e o corpo ficava bem levantado do solo, sustentado pelos membros finos. No fim do Permiano a terra firme já era o reino dos répteis.

7.5 A VIDA NA ERA MESOZÓICA

7.5.1 A dispersão dos répteis

Ao iniciar-se a era Mesozóica ocorreu uma “explosão” na evolução dos répteis muito mais extensa do que a do Período Permiano. Os répteis, já dominantes nos tempos Permianos, tornaram-se realmente os donos da terra, enquanto os anfí-

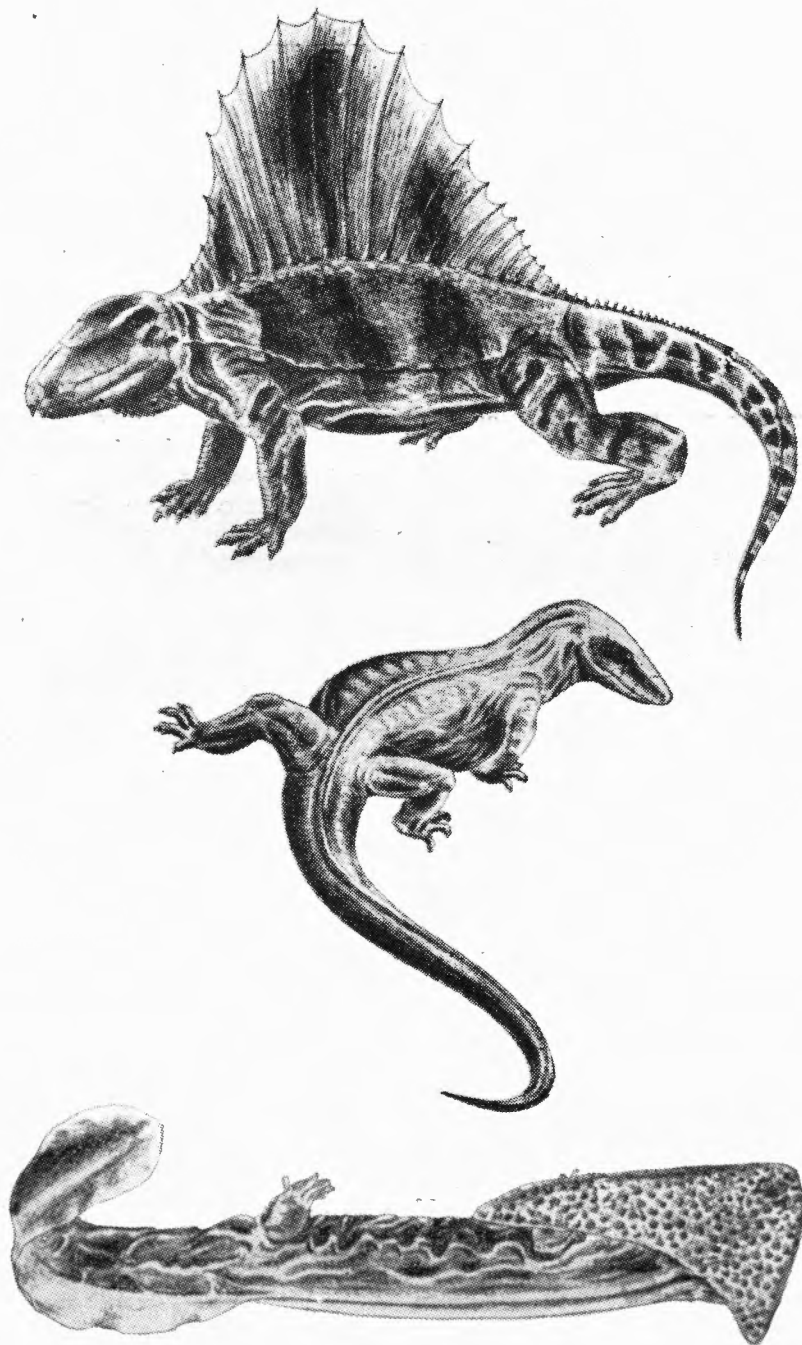


Fig. 7-12 — Répteis e anfíbios do Permiano: a direita, *Dimetrodon* com uma grande saliência nas costas provavelmente para regular a temperatura. A esquerda, *Varanosaurus*, embaixo *Diplocaulus*, um anfíbio.

bios, que tinham ocupado o mundo na parte final da era Paleozóica, foram ficando restritos à nichos especiais, na ecologia do período Triássico.

O grande progresso dos répteis no Triássico, que resultou no aparecimento de muitos novos grupos importantes de répteis, se relaciona com o aumento da área de terra disponível e a maior variedade de oportunidades ecológicas que caracteriza esta fase da história geológica. O Triássico foi um tempo em que a variedade de ambientes era ainda maior do que a do Permiano.

Muitos dos répteis característicos do Permiano continuaram a viver no Triássico. O grupo mais importante, dentre estes, era o dos cotylosauros primitivos e dos répteis que pareciam mamíferos. A eles vieram juntar-se tartarugas, e os primeiros lagartos, os rhinchocephalos e o grupo dos tecodontes. Foi dos tecodontes que surgiram, durante a primeira fase do Triássico, os primeiros dinossauros e crocodilianos (Figura 7.13).

A competição entre os répteis de terra firme foi, evidentemente muito intensa de modo que o período Triássico se caracterizou pela adaptação de diferentes grupos de répteis à vida marinha, pois no mar encontravam eles abundante alimento e milhões de oportunidades de sobrevivência. Os notossauros e os placodontes viviam nas águas rasas, os primeiros comendo peixes e os últimos moluscos de conchas duras. Os notossauros deram origem aos primeiros plesiosauros e, também no Triássico, surgiram os ictiosauros, répteis que se assemelhavam a peixes.

Os invertebrados, que tinham sofrido no período de transição entre o Permiano e o Triássico, começaram novamente, a evoluir depressa. Novos tipos de corais e moluscos se tornaram abundantes. Os amonóides, cefalópodes de conchas espiraladas, que quase foram extintos no Permiano, voltaram à produzir uma profusão de formas a partir de um único tronco que sobreviveu e chegaram a tornar-se os invertebrados mais típicos da era Mesozóica.

7.5.2 O domínio dos dinossauros

Ao iniciar-se ao período Jurássico a terra entrou numa época caracterizada por continentes baixos, expansão dos mares e clima uniforme (Figura 7.14). As condições de vida tropical se estenderam muito no globo e os mares eram cálidos. A vida marinha era abundante sendo os peixes e répteis aquáticos abundantes. Cobrindo as terras havia matas extensas, agora compostas de gimnospermas, como as cicadáceas, as

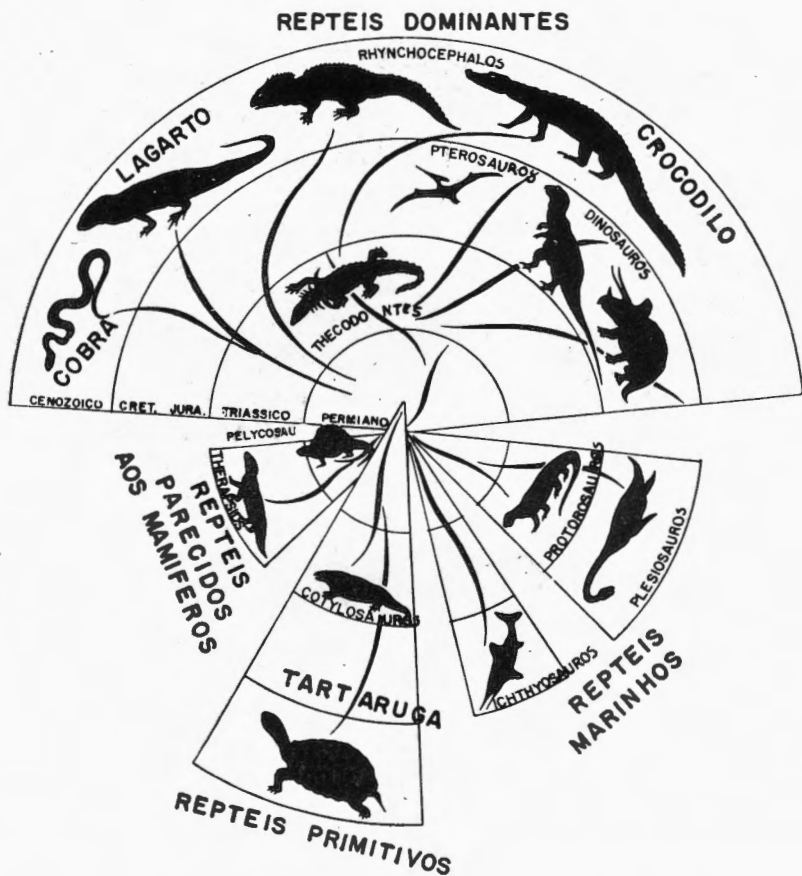


Fig. 7-13 — Evolução dos répteis. As tartarugas provenientes dos cotilosauros são sob alguns aspectos muito primitivas e em outros muito especializadas. Dois grandes grupos de répteis invadiram os oceanos durante o Mesozóico os ictiosauros e os plesiosauros. No Triássico alguns répteis parecidos aos mamíferos deram origem a estes. Os lagartos, e cobras existentes no mundo todo, os crocodilos das regiões tropicais e sub-tropicais, a tuatara da N. Zelândia são os sobreviventes atuais da grande quantidade de répteis dominadores da era Besozóica. Os tecodontes que deram origem aos dinossauros, foram também ancestrais das aves.

gingcoaceas e as coníferas, além das equisetíneas e felicineas e outras plantas que se tinham desenvolvido durante o período Triássico. Os répteis estavam por toda a parte e os mais notáveis eram os dinossauros, muitos dos quais gigantesco (Figura 7.14). Dominavam eles, realmente, a fauna do mundo e se encontravam em todos os continentes. Os ares eram dominados por répteis voadores, os pterossauros e tam-



Fig. 7-14 — Uma cena do jurássico na Europa: Na árvore está a *Archaeopteryx*, no lago um enorme dinossauro.

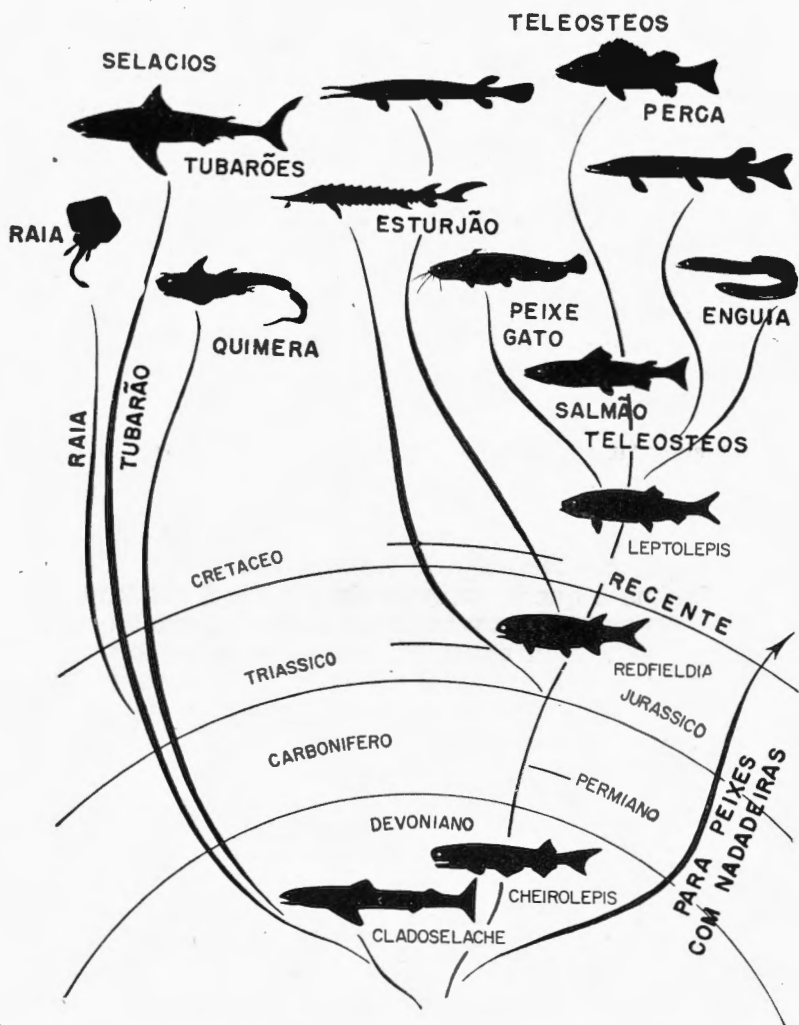


Fig. 7-15 — Evolução dos peixes ósseos (Osteichthyes) e cartilagenosos (Chondrichthyes). *Cladoselache*, um dos primitivos tubarões estabeleceu um padrão que continuou através dos tempos com poucas modificações. *Cheirolepis* é o grupo do qual derivaram os peixes ósseos. Parentes dele ainda existem hoje, por exemplo o esturção. *Leptolepis* derivado do mesmo grupo é um dos primeiros teleosteos grupo que hoje habita rios, lagos e oceanos.

bém já tinham surgido as primeiras aves. (o esqueleto dessas aves primitivas era muito parecido aos dos répteis, mas já se encontra impressões de penas, evidenciando a transição entre os dois grupos de vertebrados). Os dinossauros dominaram o ambiente e se espalhavam amplamente.

Ao terminar o Jurássico e iniciar-se o Cretáceo, ocorreu nova elevação continental. Com isso, as áreas de terra firme se estenderam e vários mares mediterrâneos se formaram entre elas. Acompanharam essas tais formações duas grandes revoluções evolutivas. Surgiram as plantas com flôres (angiospermas) e com elas os insetos modernos, que deveriam tornar-se dominantes nos nichos ecológicos que ocupam, daquele tempo até hoje. Também no mar, surgiram os grupos de peixes ósseos modernos, os teleósteos, que deveriam tornar-se os mais numerosos de todos os vertebrados (Figura 7.15).

No fim do Cretáceo os dinossauros atingiram o cume da sua evolução, com o desenvolvimento de muitos grupos novos e produzindo uma variedade de tipos antes nunca visto. E então, aparentemente quando estavam no cume do seu desenvolvimento, os dinossauros, juntamente com outros tipos de répteis, se extinguíram. O motivo disso é um dos mistérios da paleontologia. Muitas teorias foram propostas mas nenhuma parece realmente satisfatória. Podemos, entretanto, tirar um princípio evolutivo geral do exemplo que nos dá a dramática extinção dos grandes répteis no fim dos tempos cretáceos. Este princípio é que a extinção da espécie é tão importante de um modo geral, para a evolução da vida, como a origem de novas espécies. Sem extinção, que elimina as formas antiquadas, não existiriam habitats ecológicos disponíveis para que ocorressem radiações adaptativas e a evolução continuar-se à progredir.

7.6 A VIDA NA ERA CENOZÓICA

7.6.1 *O desenvolvimento dos mamíferos*

A transição entre a era Mesozóica e a Cenozóica se caracterizou por uma fase de elevação de montanhas durante a qual se originaram os grandes sistemas de cordilheiras das montanhas Rochosas e dos Andes, dos Alpes e do Himaláias. Estes levantamentos de montanhas, que em algumas regiões ainda continua, afetou profundamente a evolução da vida na era Cenozóica.

Desaparecendo os dinossauros e vários outros grupos de répteis, com exceção das tartarugas, crocodilos, lagartos, cobras e rincocéfalos tiveram os mamíferos uma oportunidade maior. Os nichos ecológicos que tinham sido ocupados pelos répteis em terra firme, no ar e na água foram, agora, explorados pelos mamíferos. Os ambientes terrestres disponíveis para eles no começo da era Cenozóica eram praticamente os mesmos que seus ancestrais, os marsupiais e os insetívoros, tinham ocupado no fim do Cretáceo. De fato, apesar

da elevação das cadeias de montanhas, o clima no começo da era Cenozóica parece ter sido bem semelhante ao do fim da era Mesozóica e a êle continuavam bem adaptadas as plantas modernas que se tinham desenvolvido antes da extinção dos dinossauros. Nessas condições, os mamíferos se desenvolveram ao longo de muitos troncos evolutivos nos alvares dos tempos Cenozóicos. Nos períodos Paleoceno e Eoceno os mamíferos viviam em comunidades que apresentavam a clássica combinação de herbívoros e carnívoros, tanto nas florestas como nos campos. Os herbívoros dêsse tempo, já de há muitos extintos, eram caçados por carnívoros também arcáicos, como os creodontes e, na América do Sul, os marsupiais carnívoros. Foi nesta época que os primeiros mamíferos voadores (morcegos) e os primeiros marinhos (baleias) surgiram (Figura 7.16).

7.6.2 *Os mamíferos modernos*

Durante o período Oligoceno ocorreu uma revolução na evolução dos mamíferos que, com exceção da América do Sul, e da Austrália, se estendeu por todo resto do globo. Os tipos antigos foram extintos e substituídos pelos primeiros membros dos grupos que hoje habitam a terra. Assim os herbívoros que surgiram eram os animais de casco (*Artiodáctilus* e *perissilodáctilos*), incluindo a família dos cavalos e dos rinocerontes, dos porcos e veados. Os carnívoros eram do mesmo tipo à que pertencem os cães, gatos, e mustelídeos. Também surgiram os ancestrais dos elefantes e de vários outros mamíferos. Particularmente importante foi o aparecimento dos roedores, que hoje constituem os mais abundantes mamíferos.

Do Oligoceno até os tempos recentes a história dos mamíferos se tem caracterizado por um desenvolvimento constante. É uma história complexa, bem documentada pelos fósseis. Graças aos estudos realizados em todo mundo conhecemos hoje em grande detalhe como se processou a evolução dêsses mamíferos durante uns setenta milhões de anos. Do nosso ponto de vista de seres humanos, o que aconteceu de mais importante na evolução dos mamíferos foi a radiação ocorrida nos primatas primitivos, surgidos de ancestrais do tipo insetívoro do período Paleoceno. Os primatas se ramificaram em quatro grandes grupos que até hoje, desde o início do Cenozóico, continuam a persistir. Um dêsses ramos é representado hoje pelos lemures e tásios, que representam o tipo mais primitivo de primata. Além dêsses, temos os macacos do Novo Mundo e os macacos do Velho Mundo, que provavelmente evoluíram separadamente desde do início da era Cenozóica. Finalmente o quarto grupo é constituído pelos macacos

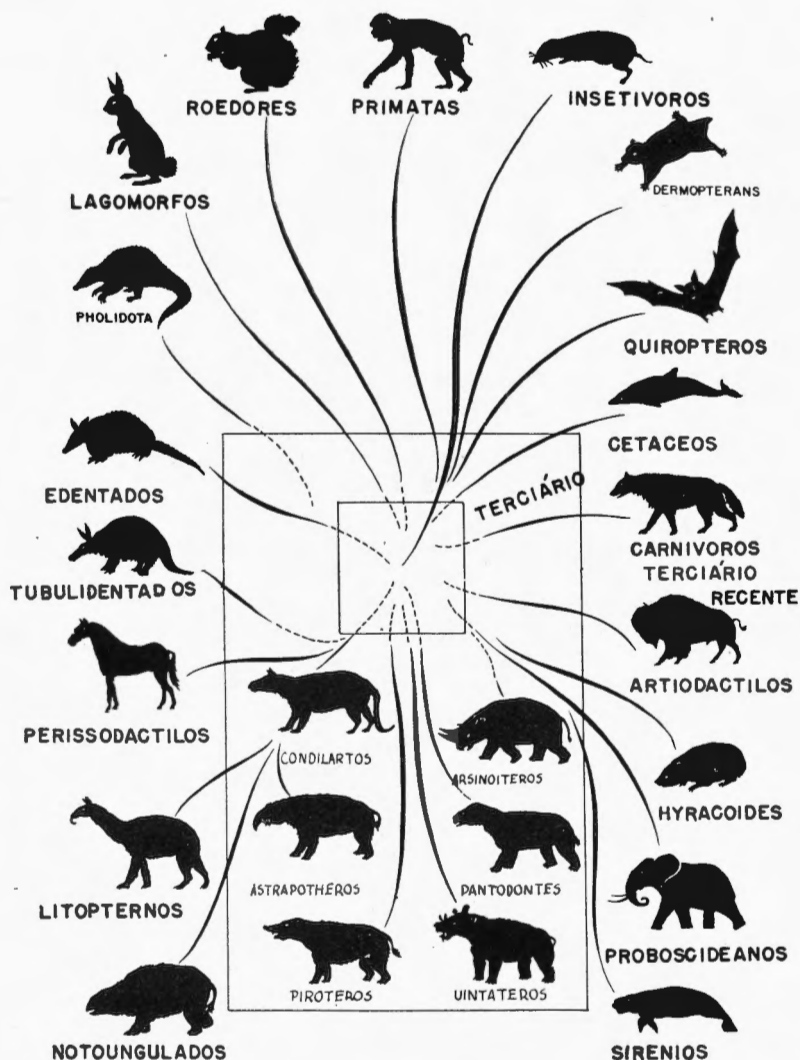


Fig. 7-16 — Evolução dos mamíferos placentados. Todos os placentados derivam dos insetívoros. Algumas ordens numerosas provenientes do início do Terciário não sobreviveram até o fim do Cenozoico, mas muitos se mantiveram até hoje. Dos grupos da parte externa da figura apenas os litoternos e notoungulados se extinguíram.

antropomórfos, derivados dos macacos do Velho mundo e que existem, talvez, desde o Eoceno. Durante o período Mioceno alguns deles eram mais variados do que hoje e menos especializados para a vida arbórea. Provavelmente daí derivou a

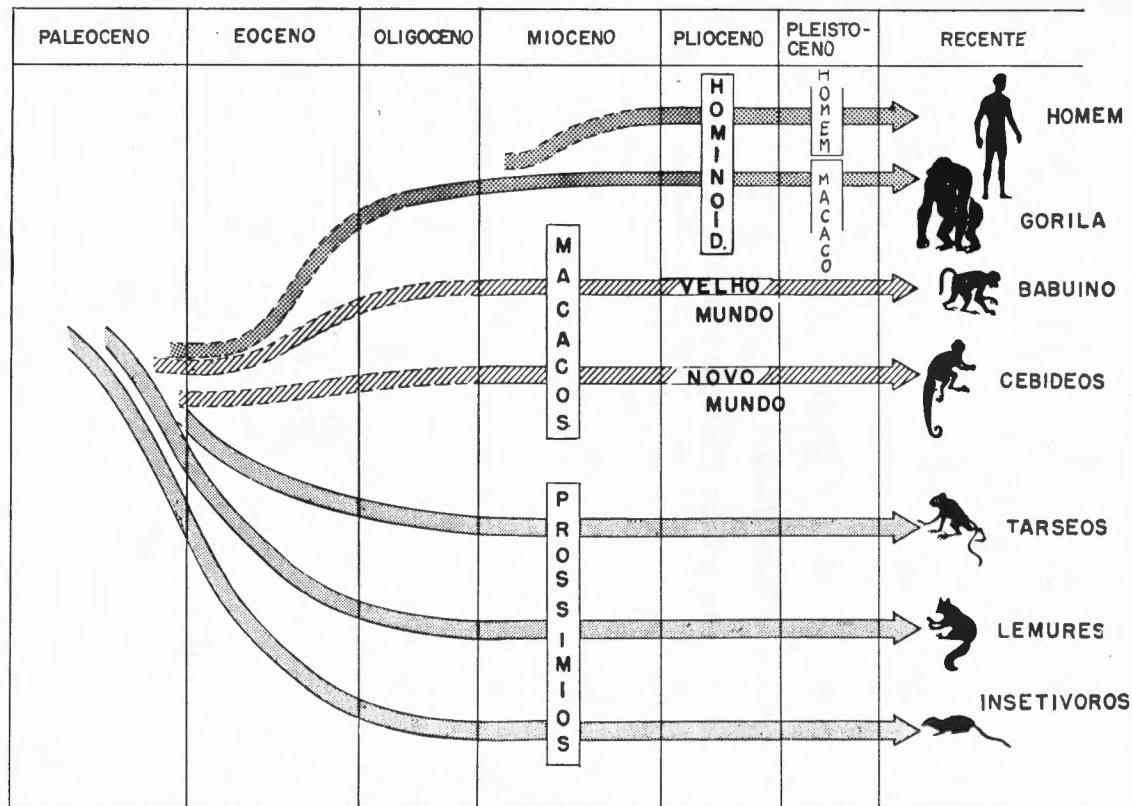


Fig. 7-17 — Evolução dos primatas. Todos os grupos de primatas são representados por espécies atuais. Os insetívoros são muito semelhantes aos que viveram no início do Cenossóico. As duas linhas de macacos provavelmente derivaram de lemures mas não há fósseis antes do Mioceno; os ancestrais comuns aos homens e macacos foram provavelmente os macacos do Velho Mundo, no Cenossóico, mas aqui também o registro fóssil é imperfeito.

linha evolutiva que conduziu à origem do homem (Figura 7-17).

A evolução dos primatas foi profundamente influenciada pelas transformações físicas da terra durante os tempos Cenozóicos. Em síntese, ocorreu um resfriamento gradual do clima à partir do início da era Cenozóica e das zonas climáticas se diferenciaram melhor à partir do Equador para os polos. O auge deste processo de resfriamento ocorreu à cerca de um milhão de anos, no período Pleistoceno: foi a idade dos gêlos, durante a qual enormes massas de gêlos, invadiram os continentes a partir do norte. Durante o milhão de anos que durou o período Pleistoceno ocorreram quatro avanços dos gêlos separados por três períodos interglaciais em que o clima era quente. Tudo indica que vivemos hoje no quarto intervalo interglacial, iniciado à cerca de trinta mil anos.

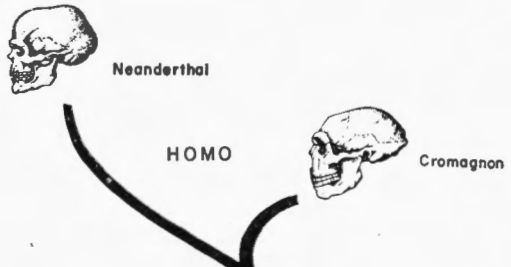
7.6.3 O aparecimento do Homem

Quando a primeira grande glaciação avançou para o sul, a partir da região do polo norte, extensas áreas da América do Norte e da Eurásia ficaram cobertas de gelo. Por esta ocasião, habitavam a África certos primatas chamados Australopithecinos, grupo à que pertence o gênero *Australopithecus*. Sob muitos aspectos, como o tamanho do encéfalo e a forma da face, esses primatas não diferiam muito dos chimpanzés, mas, ao contrário destes, tinham postura erecta e provavelmente viviam no chão e não nas árvores. Seus dentes eram muito semelhantes aos do homem moderno e é possível que eles tivessem uma dieta variada, inclusive caça que eles próprios capturavam. A partir dos Australopithecinos é que devem ter surgido as primeiras espécies que apropriadamente podem ser consideradas como pertencentes ao grupo do homem, o *Pithecanthropus*, cujos primeiros fósseis foram encontrados em Java, e também ocorrem na China, perto de Pekim e na África. Isto indica que este homem primitivo estava vastamente distribuído no Velho Mundo no início e no meio do período Pleistoceno. O *Pithecanthropus* tinha postura erecta e atingia uma estatura de 1 metro e meio ou mais. O tamanho do cérebro era intermediário entre o dos australopithecinos e o homem moderno. A testa era baixa e as mandíbulas salientes. Existem provas de que o *Pithecanthropus* usava o fogo e fazia instrumentos grosseiros de pedra.

Infelizmente, existem apenas alguns fragmentos de fósseis que parecem intermediários entre o *Pithecanthropus* e o homem moderno. Mas os fósseis parecem indicar que o homem moderno, *Homo Sapiens*, já estava estabelecido no Velho Mundo várias centenas de milhares de anos atrás (Figura 7.18).

IV GLACIAL

3º Interglacial



III GLACIAL

2º Interglacial



II GLACIAL

1º Interglacial



I GLACIAL



Fig. 7-18 — Sequência de fósseis humanos no Pleistoceno.

Pelo fim do Pleistoceno, imediatamente antes do início da última glaciação, o homem de Neandertal surgiu na Eurásia e no norte da África. Este tipo, baixo e atarracado, era muito robusto e possuía mandíbulas salientes, testa fugidia e saliências superciliares mais marcadas do que o homem moderno. Apesar do seu aspecto rude, o homem de Neandertal tinha cérebro grande, fabricava muito bem instrumentos de pedra lascada e enterrava os mortos com algum tipo de cerimônia. Sem dúvida eram tipos com inteligência humana,

capaz de se manter e prosperar num clima frio e num mundo hóstil habitado por mamíferos agressivos de grande porte.

Durante a última glaciação o homem de Neandertal desapareceu. Há várias teorias para explicar isto. Provavelmente êles foram sobrepujados por um tipo humano praticamente idêntico ao homem atual, que o substituiu. Os recém-chegados, vindos de leste são conhecidos com o nome de homem de Cro-Magnon, que já tinham alcançado os visos de uma cultura conhecida como a cultura da pedra lascada. Viviam entre mamutes, rinocerontes lanosos, ursos das cavernas, lobos, bisontes, renas, cavalos selvagens e outros grandes mamíferos. Foram êles que pintaram as magníficas representações dêsses animais que se encontram no fundo das grutas do sul da França e norte da Espanha. Fabricavam instrumentos e ornamentos de marfim e setas com pontas de pedra finamente trabalhadas. Eram vigorosos, inteligentes e de alta estatura.

Na maior parte do período Pleistoceno o homem compartilhou a posse da terra com muitos dos grandes mamíferos. A vida de um caçador da idade da pedra era incerta por causa dessa competição. À cerca de oito ou 10 mil anos, houve a extinção de grande número dêsses mamíferos, tão característico do Pleistoceno. As causas desta extinção continuam obscuras mas, sem dúvida, isto afetou consideravelmente a evolução cultural do homem. Em certo sentido, marca ela o início dos tempos modernos.

Quatro fatos dominam a evolução do homem a partir de ancestrais semelhantes aos macacos, durante o período relativamente curto correspondente ao Pleistoceno. O primeiro é a postura erecta, que surgiu com os Australopithecinos, e que pôde ser considerada como o passo fundamental para o desenvolvimento posterior da evolução humana. Andando com o corpo apoiado apenas nos membros inferiores, numa posição vertical, êsses primatas ficaram com os braços e as mãos livres do pesado encargo da locomoção. É como se tivesse ganho mais um par de membros. Os braços passaram a ser importantes instrumentos de defesa e ataque e as mãos passaram a manipular objetos e construir utensílios. Todo progresso cultural se baseou nisto. O segundo fato, altamente relacionado com a habilidade manual, foi o crescimento relativo do encéfalo, principalmente do cérebro. Entre o começo e o meio do Pleistoceno houve um aumento do cérebro humano, então o cérebro dos descendentes do Pitecantropos era três vezes maior que o dos Australopithecus. Este é um dos progressos mais importantes em toda a história da evolução da vida, o que determinou que o mundo de hoje seja tão diferente do mundo de alguns milhares de anos atrás.

O terceiro fator na evolução do homem durante o Pleistoceno foi o desenvolvimento do cuidado à prole. A fase de crescimento se tornou mais lenta, o que é muito importante não somente para proteção dos jovens, como para a passagem do conhecimento no qual se baseia a cultura de uma geração à outra. Finalmente o quarto fator foi o desenvolvimento das comunidades sociais, nas quais os membros trabalham juntos, e na qual as necessidades do indivíduo não são as predominantes, mas sim as necessidades do bem estar de toda a população.

Estes são os fatores em evolução que fizeram do homem o que ele é hoje, quando ele se mantém supremo na série dos seres vivos. E é interessante pensar no futuro do homem, e do mundo no qual ele viverá.

SUMÁRIO

Nós sabemos pela análise dos fósseis que a vida vem desde idades geológicas muito longínquas, mas não sabemos exatamente como ela surgiu. Há várias teorias sobre origem da vida e uma das mais recentes é a do bioquímico Oparin.

Durante milhares de anos os organismos que eram muito frágeis não deixaram fósseis. Os primeiros só aparecem em rochas de 500 milhões de anos e desde aquele tempo não deixaram de se formar. Graças ao seu estudo vemos a sequência em que os animais e plantas apareceram e se tornaram mais e mais complexos. Recentemente foi desenvolvido um método que possibilita a datação dos fósseis, analisando a velocidade de desintegração dos elementos radioativos encontrados nas rochas que os contêm.

No início da era Paleozóica, a primeira das grandes divisões do tempo geológico, a vida se limitava ao mar. Nessa época as plantas eram simples mas muitos dos invertebrados tinham concha.

No fim do Paleozóico, as plantas e os invertebrados migraram para a terra e mais ou menos nessa época surgiram os primeiros vertebrados parecidos aos peixes. Nos meados do Paleozóico estes peixes se separaram em várias linhas divergentes que deram os grandes grupos de peixes atuais.

Um desses grupos mais ousado se aventurou a ir até a terra e deu origem aos anfíbios que evoluíram rapidamente e dominaram a terra que estava coberta pelas grandes florestas carboníferas.

No fim desse período os continentes se elevaram mudando o ambiente, e os répteis que tinham surgido à partir dos anfíbios passaram a dominar.

Na era Mesozóica, os répteis se multiplicaram e se espalharam tanto na terra como no mar. Os dinossauros tomaram conta do ambiente por 100 milhões de anos.

Parte dos répteis compartilhava os ares com aves primitivas.

No fim do Mesozóico várias mudanças ocorreram, as Angiospermas surgiram na terra e os peixes ósseos na água, e no fim quando os sistemas montanhosos surgiram, muitos dos répteis e entre eles os dinossauros se extinguíram.

A era Cenozóica a mais recente divisão do tempo geológico, foi marcado pelo levantamento das montanhas e o resfriamento dos

climas. No começo mamíferos que tinham aparecido durante a idade dos répteis, se multiplicaram e no meio do período já tinham substituído muitos dos grupos primitivos.

Os primatas evoluíram e deram vários grupos entre eles o homem, que surgiu no período Pleistoceno, e se desenvolveu rápida e espetacularmente.

Questões:

- 1 — Como se explica a ausência de fósseis nas rochas dos períodos mais antigos?
- 2 — Que são fósseis? Como se formam?
- 3 — Como se calcula a idade da terra?
- 4 — Qual o significado da existência de carvão na Groelândia?
- 5 — Qual o efeito da formação dos continentes na vida animal e vegetal?
- 6 — Qual a importância da extinção das espécies na evolução?
- 7 — Há quanto tempo o homem habita a terra?
- 8 — Suponha que você vai organizar uma excursão para procurar fósseis. Para onde iria? Que tipos de rochas procuraria? Como iria encontrar fósseis?
- 9 — Quais os problemas dos primeiros seres que imigram para a terra vindos de um hábitat aquático?
- 10 — Vamos pensar na ascensão e queda dos répteis. Que fatores do clima e do ambiente deram tanta vantagem aos dinossauros? Por que foram extintos?

**EXERCÍCIOS
DE ECOLOGIA**

INTRODUÇÃO AO LABORA- TÓRIO

Há dois objetivos principais no estudo de qualquer ciência natural. Um dêles é conhecer os fatos científicos sôbre os quais se baseiam os conceitos fundamentais e as teorias da ciência, que alteraram tão profundamente nossas concepções sôbre a significação do homem no universo e dilataram tão fantásticamente seu poder sôbre as fôrças e os recursos da natureza. Em biologia, êsse objetivo subentende o conhecimento, em primeira mão, dos organismos vivos e de seus modos de vida.

O outro objetivo é ainda mais importante. Êle é indispensável, tanto para os jovens cientistas como para os não cientistas na verdade, todos os que desejam participar inteligentemente da vida na era científica, que tão constantemente requer decisões difíceis e real sabedoria. Êste segundo objetivo é entender o que significa realmente a ciência — reconhecer seu espírito e apreciar seus métodos. Ciência não é magia e uma civilização científica certamente não se poderá manter se muito dos seus membros mais inteligentes a encararem como tal. Ciência é um caminho — ou melhor muitos caminhos — que leva à descoberta de como se passam os fenômenos naturais. A Ciência se constrói sôbre as observações que podemos fazer

usando os nossos sentidos e culmina pela organização de um sistema de inferências e deduções que nelas se baseiam. A ciência é gerada pela inextinguível curiosidade humana. Ela não tem, necessariamente, como finalidade atenuar as vicissitudes da vida humana e aumentar nosso conforto, muito embora isto resulte do labor científico, mais do que de qualquer outra coisa.

Antigamente, quando a ciência moderna estava nascendo, muitas pesquisas científicas eram realizadas no campo, onde a natureza pode ser observada de primeira mão; e, na verdade, até hoje muito trabalho científico importante é desse tipo. Entretanto, com a passagem do tempo, verificou-se que medidas mais precisas e observações mais acuradas só podem ser feitas no laboratório, onde o pesquisador pode controlar as condições das experiências de tal modo que possível comparar situações que diferem por um único fator significativo. Nasceu assim a *experimentação*, que permite verificar o efeito sobre o curso dos fenômenos, de uma única variável, de cada vez. Isto melhorou de tal modo a precisão das conclusões alcançadas que o método da experimentação se tornou o preferido em ciência. Onde quer que este método seja empregado, ainda que o seja no campo, aí está o "laboratório" do cientista.

A ciência é um empreendimento social, isto é, uma atividade coletiva, que depende do trabalho de todos que estão interessados no mesmo problema. Onde alguns falham, outros são bem sucedidos; mas, juntos, os cientistas conseguem muito mais do que o maior gênio conseguiria, trabalhando isolado. E o que é mais, todo cientista pode hoje construir partindo do conhecimento acumulado por seus contemporâneos e por homens de outras épocas e de outras raças, que falavam línguas diversas e tinham diferentes pontos de vista. Isto, porque o espírito de livre comunicação impregna a ciência. Para que a comunicação científica seja eficiente, é indispensável que a transmissão seja clara e precisa, pouco importando a língua em que é escrita ou falada; e para que a transmissão da ciência seja continuada e geral é preciso, naturalmente, que os resultados das pesquisas sejam publicados e que a publicação circule.

Tudo o que dissemos conduz às seguintes conclusões, da maior importância. É no campo e no laboratório que o trabalho científico é feito, e é aí que se encontram os pesquisadores imbuídos do espírito da ciência; é aí que se desenvolvem novos métodos, que passam de uma geração para outra. Na verdade, não se aprende a ciência nos livros, e sim fazendo perguntas à natureza de maneira adequada. É no laboratório que se aprende mais depressa que tipo de perguntas se deve fazer, como devemos apresentá-las para que a natureza as

“entenda” e como interpretar suas “respostas”. Aí se aprende porque é essencial em ciência, a precisão das medidas, a meticulosidade das observações, o rigor dos raciocínios e a concisão e clareza da comunicação dos resultados.

Quando usado para ensinar, o laboratório deve refletir os dois objetivos mencionados acima: o *ilustrativo* e o de *investigação*, como podemos chamá-los. O primeiro foi, provavelmente, o que Thomas Henry Huxley e Louis Agassiz tinham em mente quando introduziram o laboratório biológico na escola, há cerca de cem anos. Ver é acreditar. Ao ensinar ciência, não devemos recorrer à autoridade do professor ou do livro; devemos fazer com que os estudantes observem diretamente os fatos em sua infinita variedade. A principal função do laboratório escolar é apresentar a evidência dos fatos que ocorrem na natureza para ilustrar as bases dos nossos conceitos biológicos. Mas esta função foi exagerada, no passado. Os estudantes dispendiam a maior parte do seu tempo assistindo a demonstrações, observando através do microscópio, dissecando animais ou plantas, aprendendo nomes, desenhando o que viam; mas raramente realizavam experimentos para encontrar a solução de um problema que os intrigava.

O segundo objetivo, o da *investigação*, exige que o estudante participe ativamente e com certa profundidade de alguma pesquisa científica real. Para isto é necessário tempo, e este tempo só pode provir de uma redução da parte puramente ilustrativa do curso. Podemos poupar tempo se atacarmos o estudo de certas técnicas apenas no momento em que elas são diretamente necessárias ao nosso trabalho. É isto que a cientista faz. Se precisa usar radioisótopos em suas pesquisas, aprende como lidar com eles; mas enquanto os problemas que estuda não requerem o uso de radioisótopos, o cientista não se preocupa com a técnica correspondente. Ele sabe que, no momento em que precisar de certa técnica para o seu trabalho, poderá adquiri-la.

Este manual tem um duplo propósito. Visa, indicar ao professor como mostrar o que deve ser visto e como fazer os estudantes investigarem vários problemas ecológicos. Dentre seus Exercícios, alguns são estudos realizados pela observação direta da natureza, outros são experimentos reais — verdadeira introdução à investigação científica de certos problemas.

O laboratório é a oficina do cientista. O trabalho científico depende de muita leitura e discussão, mas é no laboratório que as hipóteses são testadas.

Durante o estudo da biologia você gastará tempo considerável no laboratório e aprenderá a usar aparelhos, como o microscópio e a balança. Em algumas experiências você tra-

balhará com pequenos animais, com microorganismos ou com plantas, e precisará aprender como cuidar desses seres. A observação cuidadosa das regras abaixo ajudá-lo-á a desenvolver bons hábitos de trabalho no laboratório.

REGRAS IMPORTANTES PARA O TRABALHO NO LABORATÓRIO

I. *Ordem*

1. Arrume numa certa ordem os materiais necessários para cada experiência. Isso evita confusão e perda de tempo.
2. Etiquete cuidadosamente todo o material.
3. Depois de usar, reponha o material no seu devido lugar.
4. No fim de cada período de trabalho, deixe tudo em perfeita ordem.

II. *Limpeza*

1. Depois de usar, lave a vidraria com sabão em pó e enxague em água limpa. Deixe de molho a vidraria difícil de limpar, como pipetas e lâminas manchadas de corante, em água ligeiramente acidificada (adicione à água um pouco de ácido clorídrico diluído).
2. Lave a pia depois de usar. Evite jogar material usado na pia: embrulhe-o em papel e ponha na cesta do lixo.
3. Seque cuidadosamente as mesas de trabalho com pano ou papel.

III. *Cuidados com animais vivos*

1. Forneça aos animais comida e água diariamente. Tome providências para que eles também sejam cuidados nos fins de semanas e nos feriados, pois alguns animais morrerão se ficarem sem água por mais de 24 horas.
2. Limpe as gaiolas diariamente.
3. Tome cuidado para que os animais fiquem fechados, sem que haja perigo de escaparem.
4. O uso de animais vivos, no laboratório, deve ser considerado um privilégio. Você deve tratá-los com humanidade. A crueldade não se coaduna com um verdadeiro biologista. Quando tiver de matar um animal, use anestesia.

IV. *Cuidados com as plantas*

1. Regue as plantas diariamente durante a semana. Se necessário, providencie para que sejam regadas também durante os fins de semana. O solo deve ser mantido úmido, mas não encharcado. Arranque os matinhos que aparecem.

V. *Cuidados com os instrumentos e aparelhos*

1. Muitos dos aparelhos usados no laboratório são caros. Tome bastante cuidado ao usá-los. Um deslize resultante da falta de cuidado pode significar a perda de material valioso.

VI. *Atitude no trabalho*

1. Chegue ao laboratório preparado para trabalhar. Leia antes da aula as instruções para os exercícios do dia. Assim você usará o tempo do laboratório para fazer realmente as experiências e observações.

2. Siga tôdas as instruções cuidadosamente. "Um minuto" significa um minuto. Somente com trabalho exato você pode obter resultados preciosos. Trabalho feito sem cuidado é esforço perdido.

VII. *Manutenção de registros*

A manutenção de registros precisos é uma das mais importantes partes do seu trabalho. Registre os resultados na hora da observação, em um caderno resistente denominado "caderno de dados". Não se fie na memória. Não esqueça de incluir a data e a hora de cada observação. Quando fôr o caso, inclua esquemas ou desenhos em suas notas.

VIII. *Relatórios*

A seqüência abaixo poderá servir como sugestão para quando você escrever os relatórios dos seus trabalhos de laboratório:

1. Título.
2. Objetivo.
3. Materiais e equipamento.
4. Procedimento.
5. Resultados: podem ser em forma de tabelas ou gráficos.
6. Discussão: análise e interpretação dos resultados.
7. Conclusões: um sumário sucinto.

Se você seguir êste manual de laboratório, não precisa repetir no seu caderno os quatro primeiros itens, mas deve

anotar qualquer desvio que adote no procedimento. A parte mais importante do relatório é, evidentemente, a que se refere aos resultados, à sua discussão e às conclusões.

Escreva sempre em linguagem simples e clara, usando as palavras mais adequadas. Evite ambiguidade, isto é, não permita que suas frases tenham dois sentidos. Apresente os dados quantitativos com precisão, mas evite dar uma idéia de precisão maior do que a real: por exemplo, não diga que alguma coisa pesa 1,002 gramas quando sua balança não tem precisão maior que 0,1 grama. Isto seria anticientífico. Ao tirar médias não leve a conta até várias casas decimais, quando os dados originais têm uma precisão menor. Isto também é anticientífico. Quando fôr necessário um desenho, faça-o com linhas firmes e contínuas. Ponha o nome nas estruturas, sempre que possível, do lado direito do desenho e tenha cuidado para que as linhas que vão das estruturas para as legendas não se cruzem. Não use sombra porque isto em geral confunde mais do que esclarece.

Gráficos de dados quantitativos são importantes na comunicação científica. Use-os sempre que fôr o caso. Coloque os pontos cuidadosamente no gráfico e una-os por linhas bem desenhadas. Não se esqueça de mencionar a que unidades se referem as quantidades, tanto no eixo vertical (ordenada), como no eixo horizontal (abscissa), e coloque um título geral e conciso no gráfico.

Lembre-se sempre que a comunicação é a parte mais importante da ciência. As descobertas só se tornam parte da ciência quando são apresentadas pelos descobridores aos demais cientistas, isto é, quando elas são publicadas e se tornam assim propriedade comum da humanidade. Numa publicação científica os resultados devem ser apresentados de tal modo que outro pesquisador possa repetir exatamente o processo utilizado, saber qual o material usado (em biologia isto significa dar o nome científico da espécie de planta ou animal sobre o qual o estudo foi feito e a linhagem genética, se conhecida) e compreender cada minúcia do trabalho, bem como sua análise e interpretação. O treino na arte de apresentar bem seus dados científicos lhe é indispensável para compreender por que a ciência consegue tão admiráveis resultados, embora resulte do esforço combinado de muitas pessoas, em escala internacional. Aos cientistas é indispensável a liberdade de comunicação, mas é seu dever precípua saber comunicar-se. Orgulhe-se de seus progressos neste setor.

Responda cuidadosamente as perguntas feitas em cada exercício e escreva as respostas num caderno permanente. Cada exercício deverá ser relatado num breve e coerente sumário.

EXERCÍCIO N.º 1

Influência da umidade na germinação de sementes

FINALIDADE

O objetivo dêste exercício é prepará-lo para encontrar, por si mesmo, respostas para as seguintes questões:

1. Sementes de espécies diferentes levam o mesmo tempo para germinar?
2. Sementes da mesma espécie levam tôdas o mesmo tempo para germinar?
3. Será que deixar sementes de mólho em água (em embebição) antes de plantar, influi na germinação?
4. Que alterações apresentam, antes de germinar, as sementes postas em embebição ou a água em que estavam?

MATERIAL

- 50 sementes da mesma espécie (escolha feijão, tomate, milho, rabanete, girassol, ou qualquer outra espécie).
- 5 frascos iguais, pequenos, para pôr as sementes em embebição.
- 5 vasos para plantar as sementes (latinhas iguais ou copos de papel).
- Terra (areia, vermiculita ou serragem) para os vasos.

PROCEDIMENTO

1. Marque cada um dos 5 frascos onde as sementes ficarão em embebição com os dizeres: 0 horas, 12 horas, 24 horas, 48 horas, 96 horas.

2. Coloque 10 sementes em cada frasco. Você porá água em todos êles, até o mesmo nível, porém em ocasiões diferentes, de modo que cada conjunto de sementes fique em embebição o número de horas marcado em cada frasco, antes do plantio. Decida em que dia e em que hora você vai plantar as sementes e faça uma tabela marcando os dias e horas em que deve pôr água em cada frasco.

3. Coloque a mesma quantidade de terra em cada um dos cinco vasos e marque-os com os mesmos dizeres dos frascos.

4. No dia e hora marcados para o plantio, plante tôdas as sementes de cada frasco no vaso com a marca correspondente. As sementes do frasco marcado "0 horas" devem receber a água imediatamente antes do plantio. Ao plantar, procure proceder exatamente do mesmo modo com tôdas as

sementes. Coloque-as sobre a terra do vaso e ponha, por cima, um pouco mais de terra até que todas as sementes fiquem bem cobertas; regue cada vaso com a mesma quantidade de água.

5. Observe, cada dia, a mesma hora, os vasos e tome nota de quantas plantinhas germinam e se tornam visíveis cada dia. Considere terminada a experiência no fim de dez dias.

6. Faça um gráfico mostrando o número de plantinhas surgidas cada dia em cada um dos vasos. Represente o número de dias na abscissa e o número de plantinhas nascidas cada dia na ordenada. No fim você terá cinco curvas que você poderá desenhar a lápis de cor, em cores diferentes, ou distinguir de outro modo (uma cheia, outra pontilhada, etc.). Marque em cada uma o número de horas de embebição das sementes correspondentes.

7. Calcule a percentagem de sementes que germinaram, em cada vaso, até o 3.º, o 7.º, e o 10.º dias.

PERGUNTAS

Estude seus resultados, interprete-os e escreva suas conclusões. Responda as quatro questões do item "Finalidade" acima. Para responder a primeira, compare seus resultados com os de seus colegas que trabalharam com outras espécies de sementes, ou repita você mesmo a experiência com outras espécies de sementes. Responda também, as seguintes perguntas:

- a) Qual dos vasos pode ser chamado de "vaso controle"?
- b) Qual a vantagem de se usar um controle numa experiência?
- c) Que se entende por "experiência com controle"?
- d) Se você repetisse a experiência exatamente do mesmo modo será que obteria os mesmos resultados? Por que? Que se entende por "mesmos resultados"?

EXERCÍCIO N.º 2

Influência da luz e da temperatura na germinação das sementes

FINALIDADE

Cada espécie de semente germina bem dentro de certos limites de umidade, temperatura e luz. Esta experiência visa determinar a combinação de temperatura e luz mais adequada para a germinação rápida de vários tipos de semente. Cada

grupo de 3 a 5 alunos tomará conta de uma das oito experiências em ambientes controlados. Cada grupo apresentará seus resultados à classe para discussão e interpretação.

MATERIAL

- 3 placas de Petri (pireis, ou tampas de latas ou frascos).
- 6 pedaços de papel de filtro (ou mataborrão) cortados circularmente, de modo a cobrir o fundo das placas.
- Tiras de papelão.
- Sementes viáveis de rabanete (milho ou abóbora), tomate (beterraba ou cenoura), alface e aipo (ou salsão).

PROCEDIMENTO

1. Coloque 2 discos de papel de filtro, bem molhados em água, em cada uma das placas.

2. Divida cada placa em quadrantes com as tiras de papelão.

3. Coloque 10 sementes de uma mesma espécie em cada quadrante, de modo que cada placa fica com uma amostra de cada uma das quatro espécies de sementes. Tampe as placas (ou coloque os pires dentro de sacos de plástico fechados).

4. Embrulhe uma das placas em papel de alumínio (ou em muitas camadas de papel de embrulho pardo) para evitar a entrada de luz. Esta placa embrulhada e uma das outras devem ficar num lugar bem iluminado, mas não diretamente no sol. Coloque a terceira dentro da geladeira.

5. Observe as placas de manhã e de tarde, cada dia, por cinco dias (desembrulhe a que está coberta, para examiná-la, e torne a embrulhá-la) e conte, em cada observação, quantas sementes germinaram, de cada espécie, em cada placa. Tome nota dos resultados numa tabela.

PERGUNTAS

Interprete os resultados e responda as seguintes questões:

a) Que sementes germinam em maior quantidade, ou mais depressa na geladeira, ou fora dela?

b) Que sementes germinam em maior quantidade, ou mais depressa, no claro?

c) Por que recomendamos que se tampassem as placas?

d) Surgirá possíveis causas de erro nessa experiência, e como evitá-las.

EXERCÍCIO N.º 3

Efeitos da salinidade em animais e plantas

FINALIDADE

Raramente um animal ou planta consegue viver em água pura. As águas chamadas doces também contêm sais, embora em quantidade muitíssimo menor que a água dos mares. Você observará, neste exercício, as mudanças que ocorrem em seres da água doce quando aumentamos a salinidade de seu ambiente.

MATERIAL

- Papel de filtro (ou mataborrão).
- Algodão.
- Conta-gôtas.
- Microscópio, lâminas e lamínulas.
- Relógio.
- Soluções de sal de cozinha a 3%, 1% e 1 por mil.
- Espécies vivas de amebas, paramécios, vorticelas, elódea, espirógira (ou outros protozoários e algas que surgem em infusões, como a do exercício 13).

PROCEDIMENTO

1. Ponha uma gota d'água tirada da infusão, rica em organismos que você quer estudar com um pouco de algodão para impedir o movimento dos mesmos ou no caso da elódea, monte em água uma de suas folhinhas. Observe ao microscópio.

2. Depois que você focalizar o material e puder observá-lo com facilidade sem que ele saia do campo, coloque uma gota de solução de sal a 3% sobre a lâmina, junto da borda da lamínula, e vá enxugando o líquido que for extravasando pelo outro lado da lamínula, com o papel de filtro. A solução de sal irá, assim, entrando por capilaridade, entre a lâmina e a lamínula, a medida que você for retirando o líquido pelo outro lado.

3. Observe as reações dos organismos em observação durante a adição da solução salina. Anote o tempo necessário para observar os primeiros movimentos e mudanças que ocorrem no vacúolo e nas membranas das células.

4. Repita os passos anteriores com as outras soluções de sal, fazendo para cada caso uma nova preparação. Anote as suas observações.

5. Repita o mesmo processo usado agora com um outro tipo de organismo.

6. Quando o organismo não apresentar mais nenhuma modificação como reação à solução salina, substitua esta por água (pelo mesmo processo descrito no item 2). Observe as reações, e o tempo que demora para ocorrerem. Se a experiência não der certo na primeira tentativa, repita-a várias vezes até conseguir um bom resultado.

PERGUNTAS

a) Que ocorreu com as células da elódea quando mergulhadas na solução salina a 3%? E nas outras soluções?

b) Que ocorreu com elas, quando você substituiu a solução salina por água?

c) Como se comportaram os animais colocados em solução salina? Seus movimentos se alteraram? Algum deles morreu? Você notou alterações em suas células?

d) Que ocorreu quando você substituiu a solução salina em que estavam, por água?

e) Com qual das soluções salinas os efeitos observados na elódea e nos animais foram mais rápidos?

EXERCÍCIO N.º 4

Efeito da salinidade na *Artemia salina*

FINALIDADE

A *Artemia salina* é um pequeno crustáceo que apresenta diferenças de morfologia tão grandes, conforme a concentração em sal da água em que vive, que se pensava, antigamente que se tratasse de espécies diferentes.

Os ovos secos de *Artemia salina* se conservam durante muito tempo e, quando colocados num ambiente favorável, desenvolvem-se facilmente, o que os torna ótimo material para experimentação. Nesta experiência você verificará os efeitos do meio (variação da salinidade) sobre as características desse crustáceo.

MATERIAL

- 5 frascos de boca larga, como os de geléia (ou copos, ou cubas).
- Seringa de borracha (ou arejador de aquário).
- Microscópio composto, lâminas e lamínulas.

- Soluções de sal de cozinha (cloreto de sódio) a 10%, 5%, 2% e 1,5%.
- Fermento Fleischmann, (ou uma cultura de algas verdes unicelulares).
- Ovos secos de *Artemia salina*.

PROCEDIMENTO

1. Encha 4 dos frascos com cada uma das soluções salinas até a mesma altura. No quinto frasco ponha água. Etiquete os frascos.

2. Coloque em cada frasco cerca de 1/5 de colher das de café de ovos de *Artemia*. Se se coloca quantidade excessiva de ovos, será produzido gás carbônico em demasia e os animais morrerão.

3. Mantenha os frascos em lugar fresco onde não bata sol. A temperatura máxima que a *Artemia* suporta é de 35° C.

4. Prepare uma cultura de fermento Fleischmann dissolvendo a décima parte de um pacotinho em 10 ml de água e ponha de três em três dias algumas gotas na superfície da água de cada frasco. Esta cultura pode ser guardada na geladeira por uma semana: faça cultura fresca na semana seguinte. (Caso você tenha uma cultura de algas unicelulares no laboratório, alimente as *Artemias* juntando cada dia uma colherada da cultura de algas a cada frasco).

5. Areje a água dos frascos diariamente, borbulhando nela ar, com o arejador ou com uma seringa de borracha, para enriquecê-la em oxigênio.

6. Periódicamente retire com um conta-gotas algumas *Artemias* de cada frasco e observe-as ao microscópio. Para isso coloque um pedacinho diminuto de papel ou cartão de um lado da gota e cubra o conjunto com a lamínula. Com a prática você saberá fazer isso de modo que a *artemia* fique perto do papel, debaixo de um canto da lamínula, não sendo amassada pela lamínula, nem podendo nadar livremente. Você poderá, então, observá-la ao microscópio comodamente. Estude o aspecto do animal, as partes do corpo e verifique quantas pernas tem. Aprenda a distinguir as formas larvárias dos adultos.

7. Quando surgirem os adultos, compare a parte terminal do abdomen das *Artemias* que estão nos diversos frascos. Relacione as diferenças com as concentrações das soluções em que se desenvolveram. Compare também o comprimento relativo do abdomen (em relação ao comprimento do corpo todo).

PERGUNTAS

- a) Quais as principais diferenças entre as larvas e os adultos?
- b) Que efeito têm as concentrações altas sobre o aspecto da parte terminal do abdomen e seu comprimento relativo?
- c) O tempo que levam os ovos para eclodir difere nas diferentes soluções salinas?
- d) Que aconteceu com a cultura em água pura?
- e) Como se explica que os ovos da *Artemia* se mantenham secos sem morrer?

EXERCÍCIO N.º 5

O crescimento de uma população

FINALIDADE

Este exercício visa verificar como varia a velocidade de crescimento de uma população com o tempo e mostrar o efeito da temperatura no crescimento.

MATERIAL

- 2 tubos de ensaio (ou tubos grandes de comprimidos).
- Rolhas para os dois tubos (de cortiça, borracha ou papel embolado).
- 2 copos (ou frascos quaisquer) para se colocarem os tubos em pé, dentro.
- conta-gôtas.
- Frasco graduado.
- Balança.
- Microscópio, lâmina e lamínula.
- Geladeira.
- Açúcar (sacarose).
- Um pouquinho de levedura de cerveja, que se compra em tabletes, (fermento Fleischmann) ou em padarias (fermento usado para fazer pães).

PROCEDIMENTO

1. Dissolva 20 centigramas de açúcar em 100 ml de água. Se você não dispuser de balança para pesar o açúcar, nem de vaso graduado, encha um litro dos usados para leite com água e dissolva aí uma colherzinha das de café de açúcar (a concentração desta solução não precisa ser exata).

2. Num tubo de ensaio quase cheio de solução de açúcar, coloque uma pitada diminuta do fermento (levedura): quantidade correspondente ao tamanho de um grão de arroz.

3. Feche o tubo com o polegar e sacuda o conteúdo (invertendo o tubo várias vezes) para misturar bem o fermento.

4. Logo depois de sacudir, coloque com o conta-gotas uma gota da suspensão da lâmina e cubra com a lamínula. Focalize no microscópio com o aumento médio. Examine a lâmina. As células de levedura devem estar isoladas; se formarem grupos de cinco ou mais torne a agitar a suspensão e prepare nova lâmina. Conte as células em 5 campos e tire a média. Se houver mais de 15 por campo, acrescente água com açúcar à suspensão, e se houver menos de 5, acrescente levedura. Agite bem e faça nova contagem. Regule, assim, a diluição até obter de 5 a 15 células por campo.

5. Conte então as células em 5 campos diferentes, na mesma lâmina e tire a média. Sempre que fizer uma contagem, use as mesmas posições da lâmina para os cinco campos: por exemplo, conte junto de cada canto da lamínula e no centro dela. Esta média é uma medida de densidade da população de células de levedura na suspensão.

6. Divida a suspensão em partes iguais nos 2 tubos (agite bem antes de transferir a suspensão de um tubo para o outro) tampe os tubos e embrulhe cada um em papel de alumínio ou papel de embrulho pardo, para que a cultura fique no escuro. Ponha um na geladeira e deixe o outro fora.

7. De 3 em 3 dias, à mesma hora, durante 15 dias, agite bem cada tubo e faça uma contagem como no item 5. Registre as densidades encontradas. As contagens do tubo que fica fora da geladeira devem ser feitas mais frequentemente no comêço: todos os dias, por uns cinco dias.

8. Faça um gráfico colocando a idade da cultura (número de dias desde o início) na abscissa e a densidade na ordenada. Assim você terá duas curvas de crescimento: uma para a cultura conservada na geladeira e outra para a que fica fora dela.

9. Interprete os dados e tire conclusões.

PERGUNTAS

- a) Qual das duas populações cresceu mais depressa?
- b) Levante uma hipótese para explicar o efeito da temperatura no crescimento das culturas de levedura.
- c) A velocidade de crescimento foi sempre a mesma para cada cultura?

d) Desenvolveram-se outros organismos nos tubos (fungos, bactérias, etc.?) Em caso positivo, que efeito tiveram êles no crescimento de população de levedura?

EXTENSÃO DO EXERCÍCIO

Suponha que você fôsse criar pacas num campo onde houvesse alimento em quantidade ilimitada para elas. Admita:

- a) que cada fêmea produzisse, em média 4 filhotes (2 machos e 2 fêmeas) por ano;
- b) que as pacas já sejam férteis no primeiro ano de vida;
- c) que você matasse os adultos, cada ano, depois de procriarem;
- d) que você iniciasse a criação com um único casal.

Trace a curva de crescimento de tal população por 7 anos (dez gerações) num papel quadriculado, colocando o número de anos na abcissa e o tamanho de população na ordenada. Trace outra curva, no mesmo gráfico, para o caso em que as pacas produzissem 3 filhotes por ano, em lugar de 4. Que semelhanças você nota entre as duas curvas? Compare-as também com as curvas de crescimento das populações de levedura.

Obtiveram-se os seguintes dados sobre o crescimento de uma população real de veados em certo território na América do Norte (o ano zero é o primeiro em que se fez a contagem e N é o tamanho da população recenseada):

Ano	N.º	Ano	N.º	Ano	N.º
0	— 50	5	— 275	9	— 510
1	— 75	6	— 400	10	— 475
2	— 100	7	— 500	11	— 500
3	— 125	8	— 410	12	— 490
4	— 200				

Trace a curva de crescimento dessa população.

Os números abaixo se referem ao tamanho da população humana do Brasil, em milhões de habitantes, segundo os Censos, realizados em diferentes épocas.

População	Ano
70.528.625	1960
51.944.315	1950
41.236.315	1940
37.625.436	1930
30.838.201	1920
23.077.185	1910
17.318.556	1900

Com os dados acima, faça um gráfico representando o crescimento da população do Brasil, colocando os anos na abscissa, com intervalos de 10 anos, e o tamanho da população na ordenada. Compare a curva com a da população de veados. Que diferenças você nota? Acha você que a população brasileira continuará sempre crescendo com a velocidade em que tem crescido? Cite algum fator que tem contribuído para que o crescimento da nossa população não tenha sido ainda mais rápido. A população do mundo que tem crescido até hoje chegará ficar com um tamanho estacionário? Por que?

EXERCÍCIO N.º 6

Medida do crescimento de uma população de paramécios

FINALIDADE

Este exercício tem por fim determinar o crescimento de uma população de paramécios, o seu "tempo de reprodução", as condições para adaptação à um ambiente, e a mortalidade devida a falta de alimento.

MATERIAL

- pipeta de 0,1 ml de capacidade graduada em 1/1000 ml.
- pipeta de 1 ml de capacidade graduada em 1/10 ml.
- 1 pedaço (2 cm) de tubo de borracha, cujo diâmetro se ajuste ao diâmetro da pipeta.
- 1 pedaço (2 cm) de tubo de vidro, com o mesmo diâmetro que a pipeta de 0,1 ml, para ser usado como rolha.
- tubos de ensaio.

- Erlenmeyers (250 ml) contendo 100 ml de infusão de alface. A cada 100 ml dêsse meio de cultura, adicione 0,5 g de carbonato de cálcio, (CaCO_3) para estabilizar o pH e filtre com papel de filtro fervendo em seguida.
- suporte e presilhas.
- cultura de paramécios.
- água destilada.

PROCEDIMENTO

1. Monte o aparelho da seguinte maneira: prenda com uma presilha, uma pipeta num suporte, de modo que esta fique num ângulo de 15° em relação a base do mesmo. Movendo o parafuso da presilha você regulará a quantidade de água ou da cultura dentro da pipeta. Lave a pipeta várias vezes com água destilada, antes de colocar a infusão.

2. Transfira para um tubo de ensaio limpo, cerca de 5 ml de cultura de paramécios, (faz-se a cultura com pó seco de folha de alface) agitando antes para garantir uma distribuição uniforme dos microorganismos.

3. Encha a pipeta (0,1 ml) com a cultura de paramécios; faça isso várias vezes para evitar diluição e finalmente encha com a cultura até a marca de 0,05. Enxugue a parte externa da pipeta com papel de filtro.

4. Encoste levemente, dez vezes, uma lâmina limpa na pipeta, de modo a obter 10 gotinhas e veja a diferença na pipeta (a diferença de leituras dará o volume total das 10 gotas de cultura).

5. Conte, ao microscópio, o número de paramécios existente em cada gota, em seguida some para obter o número total de animais nas dez gotas. Esse número dividido pelo volume das dez gotas (número de ml) dará a quantidade de animais existente num ml da cultura original. Por exemplo, se você conta 20 organismos nas gotas, cujo volume é de 0,002 ml, o número de paramécios por ml será:

$$\frac{20}{0,002} = 10.000/\text{ml}$$

Faça 3 ou 4 medidas para obter uma boa média. Se a concentração dos animais na cultura fôr muito grande, para que se possa contar, faça uma diluição com meio estéril (dilua até 1/10, 1/2, etc.). No caso de ser necessária uma diluição para obter o número final é necessário multiplicar pelo fator de diluição (10, 2 etc.).

6. Em seguida transfira, com uma pipeta estéril (de 1 ml dividida em 1/10 ml), para um Erlenmeyer uma quantidade de cultura que contenha de 50 a 100 animais. Como

o frasco de cultura contém 100 ml de meio, a diluição final dará de 0,5 a um paramécio por ml.

7. Transfira para um outro Erlenmeyer, cerca de 500 a 1.000 organismos por ml. Um terceiro Erlenmeyer ficará sem paramécios e servirá de controle. Registre o número inicial de animais existentes em cada frasco. Esses números darão o número de paramécios, em cada frasco no tempo zero.

8. Use o mesmo processo anteriormente descrito para contagem e faça medidas aos 2, 4, 8, 16 e 32 dias. Registre os resultados e organize uma tabela. Faça um gráfico colocando nas ordenadas o número de paramécios, e nas abscissas o tempo em dias.

QUESTÕES

a) Calcule usando os dados que obteve, o número de animais que morreram com a transferência da cultura para frascos.

b) Qual o tempo que leva um paramécio para se dividir?

c) Em que fase da experiência, os animais começam a morrer? Qual a sua explicação para o fato?

d) Surgirá algum método para conservar a cultura indefinidamente?

EXERCÍCIO N.º 7

Relações entre animais e plantas aquáticas em ambiente isolado

FINALIDADE

Você vai verificar o que acontece num pequeno aquário, completamente isolado do exterior, caso ele contenha apenas plantas, apenas animais, ou ambos.

MATERIAL

- 8 frascos iguais de uns 5 cm de altura e 3 cm de diâmetro, com tampas de polietileno, (dos usados para comprimidos ou cápsulas ou quaisquer frascos, como os de geléia, desde que disponham de tampas bem adaptadas).
- 3 girinos iguais (ou invertebrados aquáticos, desde que sejam todos iguais e fáceis de observar, como caramujos. Peixinhos também servem, mas são menos resistentes que os girinos e morrerão depressa).

- Elódea (ou qualquer alga filamentosa).
- Alguns ml de uma solução aquosa, a 1 por mil, de azul de bromo-timol.
- Uma vela comum.
- Gase ou pano fino.

PROCEDIMENTO

1. Antes de começar a experiência, familiarize-se com o azul de bromo-timol, que é um indicador de pH. Se você o obtiver em pó, faça uma solução a 1 por mil, dissolvendo, por exemplo, 0,1 g em 100 ml de água. Se a solução ficar amarela, junte, gôta a gôta, solução muito diluída de hidróxido de amônio (algumas gôtas de "amônia" das farmácias, diluídas em um copo d'água), até que a solução do indicador se torne azul. O bromo-timol fica amarelo quando o pH é 6,0 ou menos (acidês), e azul quando o pH é 6,7 ou maior (alcalinidade). Coloque algumas gôtas da solução de azul de bromo-timol num pouco d'água e sobre dentro dela; ar expirado através de uma pipeta (ou tubo de refresco). Note que a côr se torna amarela porque o gás carbônico do ar expirado forma com a água, ácido carbônico. A côr volta à azul quando você adiciona gôtas da solução diluída de hidróxido de amônio.

2. Encha até o meio cada um dos 8 frascos com água tirada de um aquário ou de um lago natural ou artificial onde vivam plantas e animais. Adicione a cada um algumas gôtas da solução de azul de bromo-timol, até a água ficar francamente azulada.

3. Coloque nos frascos o seguinte:

Frascos 1, 2 e 3 — um girino em cada.

Frascos 4 e 5 — um pouco de elódea em cada.

Frascos 6 e 7 — um girino e um pouco de elódea em cada.

4. Tampe todos os frascos, menos o de n.º 1. Calafete bem com a parafina derretida da vela, as bordas das tampas, de modo a ser impossível qualquer passagem de ar. Para isso, vire o frasco tampado de cabeça para baixo e pingue a parafina derretida da vela acesa de modo a cobrir tôda a borda da tampa e a parte do vidro junto dela com camada de parafina. Mantenha, daí em diante, êsses frascos sempre de cabeça para baixo, de modo que você notará qualquer fresta que se forme na parafina porque por ela sairá água.

5. No frasco n.º 1, amarre um pano fino ou gase no lugar da tampa. Neste frasco haverá trocas entre o ar dentro do frasco e o ar exterior.

6. Conserve os frascos 1, 2, 4 e 6 em lugar que, durante o dia, fique bem iluminado, mas onde não bata sol diretamente. Guarde os frascos 3, 5 e 7 dentro de um armário

fechado, gaveta ou lata, de modo que êles fiquem sempre no escuro, a não ser nos poucos instantes em que você os fôr examinar.

7. Examine os frascos diâriamente, pela manhã e à tarde, e anote tudo que observar (côr do indicador, aspecto dos animais e das plantas, etc.).

8. Quando os animais morrerem, ou no fim de algumas semanas, mesmo que algum ainda esteja vivo, examine suas notas, interprete os resultados da experiência e escreva suas conclusões.

PERGUNTAS

Responda as seguintes perguntas (chamaremos de girino 1 o que estava no frasco 1, e assim por diante):

a) A água do frasco em que os girinos morreram estava ácida ou alcalina? Por que?

b) A água do frasco 4 ficou ácida ou alcalina? Mudou de côr durante a experiência? Por que?

c) A elódea do frasco 5 fêz fotossíntese durante a experiência? Respirou? Como você sabe?

d) Quem morreu primeiro, o girino 1 ou o 2? Por que?

e) Quem morreu primeiro, o girino 2 ou o 3? A presença ou ausência de luz terá influído nisso?

f) Quem morreu primeiro, o girino 2 ou o 6? Por que?

g) A elódea do frasco 4 continuou com o mesmo aspecto que a do frasco 5? Que aconteceu? Por que?

h) Você notou alguma vez a água esverdeada ou amarela junto do girino e azul junto da elódea, no mesmo frasco? Como explica isso?

i) Que conclusão errada se poderia tirar da experiência, se não se incluísse nela o frasco 1?

j) Em que sentido se pode dizer que todos os animais dependem das plantas verdes para viverem? Explique.

l) A elódea precisa de animais para viver?

m) Qual é o contrôlle dessa experiência? É importante? Por que?

EXTENSÃO DO EXERCÍCIO

Talvez você se interesse em repetir a experiência com o frasco 6, variando a quantidade de elódea, para ver com que quantidade o caramujo vive mais tempo.

EXERCÍCIO N.º 8

Respiração e fotossíntese

FINALIDADE

A mais geral e importante relação que existe entre seres vivos se baseia na síntese da matéria orgânica, com acúmulo de energia solar, executada pelas plantas verdes e na sua utilização tanto pelas plantas como pelos animais, através da respiração. Este exercício demonstra, de modo muito simples, esta interrelação básica.

MATERIAL

- 7 tubos de vidro de fundo chato, dos usados para comprimidos (ou tubos de ensaio).
- 7 frascos pequenos de boca larga (ou beckers).
- Pipeta graduada em ml.
- Mataborrão (ou papel de filtro).
- Duas caixas de papelão (ou latas) de tamanho apropriado para com elas cobrir-se um dos frascos contendo um tubo.
- Fôlhas de papel.
- Régua graduada em mm (de preferência de plástico transparente).
- Solução de açúcar (qualquer concentração ou mesmo água pura).
- Soda cáustica (ou potassa) em pó, bastões ou grânulos.
- 5 moscas vivas (ou baratas ou outro tipo semelhante de inseto).
- 4 fôlhas de trapoeraba (recém-colhidas, ou qualquer outra fôlha verde de tamanho comparável).

PROCEDIMENTO

1. Você vai montar, de acordo com as instruções abaixo:
 Uma môsca viva — tubo n.º 1.
 Duas môscas vivas — tubo n.º 2.
 Uma fôlha verde (que ficará no escuro) — tubo n.º 3.
 Uma fôlha verde no claro — tubo n.º 4.
 Uma môsca viva e uma fôlha verde (que ficarão no escuro) — tubo n.º 5.
 Uma môsca viva e uma fôlha verde (que ficarão no claro) — tubo n.º 6.
 Nada (contrôle) — tubo n.º 7.
2. Cada tubo é preparado da seguinte maneira:

A) Coloque no fundo de cada um dos 7 tubos, um pedacinho de mataborrão molhado em solução de açúcar, de modo que ele fique aderente a parede do tubo.

B) Introduza as moscas nos tubos 1, 2, 5 e 6.

C) Introduza em cada tubo, logo depois das moscas, uma bola de papel amassado de tamanho conveniente de modo que impeça as moscas de saírem. Pelos interstícios da bola de papel, todavia, o ar poderá passar. Empurre a bola de papel para dentro até mais ou menos o meio do tubo.

D) Coloque uma fôlha verde nos tubos 3, 4, 5 e 6 de modo que o ápice da fôlha fique para o lado do fundo do tubo e a base para o lado da boca; a base da fôlha deve ficar dentro d'água quando você fizer a montagem do item seguinte

E) Coloque dois dedos de água em cada frasco de boca larga e coloque cada um dos 7 tubos que você preparou dentro de um desses frascos, de boca para baixo. Durante toda a experiência os tubos devem ficar sempre com a boca mergulhada na água.

3. Logo que estiver terminada a montagem, meça a distância que vai da boca de cada tubo até o nível da água dentro do tubo (este ponto deve ser a base do menisco que a superfície da água forma dentro do tubo). Para isso aplique a régua em posição vertical à parede externa do frasco e mantenha o tubo em posição vertical aplicado, pelo lado de dentro, contra a mesma parte da parede do frasco. Se a montagem foi correta essa distância deve ser igual em todos os tubos, e muito pequena (cerca de um mm).

4. Coloque os 7 frascos com os tubos numa mesa onde haja bastante luz indireta, mas onde não bata sol. Cubra os frascos 3 e 5 com as caixas de papelão de modo que neles e nos tubos que os contém não entre luz.

5. Examine diariamente, se possível duas ou três vezes, os tubos para verificar se as moscas ainda estão vivas. Tome nota da ocasião em que cada mosca morre. Para verificar isso no tubo n.º 5 retire a caixa mas a recoloque logo que acabar de observar.

6. Depois que todas as moscas estiverem mortas coloque um pouco de soda cáustica (hidróxido de sódio) sólida na água de cada frasco. Isso não precisa ser feito imediatamente; pode-se esperar até a próxima aula. O dióxido de carbono existente nos tubos, resultante da respiração das moscas (e das fôlhas) combina-se com a soda dissolvida na água e, assim saem do ar dos tubos. O resultado é que o nível da água dentro dos tubos se eleva correspondentemente.

7. Uns dez minutos depois de se ter dissolvido a soda, o nível da água dentro do tubo ficando estável, meça a dis-

tância da boca de cada tubo ao nível da água dentro dêle, como indicado no item 3. Anote os resultados.

8. Calcule, para cada tubo o volume de dióxido de carbono produzido. Para isso, diminua a medida obtida no início (item 3) da obtida no fim. Suponha que, em certo tubo essa diferença foi 13 mm e que no tubo n.º 7 (controle) foi 2 mm. Como não havia sêr vivo no tubo n.º 7, a diferença deve ser atribuída a variações de temperatura e pressão atmosférica no transcurso da experiência. Portanto as diferenças nos demais tubos devem ser corrigidas, subtraindo-se 2 mm do resultado. Por exemplo, ao tubo em que a diferença foi de 13 mm, a água se elevou 11 mm por causa do dióxido de carbono que se combinou com a soda. Tome um dos tubos, esvasie-o, e coloque nêle certo volume de água, medido numa pipeta (digamos 5 ml). Mantenha o tubo horizontal e marque o nível da água. Acrescente, agora mais 1 ml de água e verifique quantos mm o nível da água subiu. Digamos que foram 8 mm. Então no tubo em uso, uma elevação de 8 mm corresponde a um volume de 1 ml. Por uma regra de três calcule-se que a elevação de 11 mm obser-

11

vadas corresponde a $\frac{11}{8} = 1.375$ ml de dióxido de carbono.

8

9. Calcule aproximadamente o volume do ar existente em qualquer dos tubos medindo a altura total de um dêles, descontando o resultado da medida do item 3 e transformando a altura de coluna de ar dentro do tubo no início da experiência em ml, pelo tipo de regra de três usada no item 8.

10. Durante a respiração, cada molécula de oxigênio utilizada corresponde a uma molécula de dióxido de carbono produzida. Portanto, o volume de dióxido de carbono produzido (que você calculou, para cada tubo) é igual ao de oxigênio consumido. Você tem agora todos os dados necessários para discutir os resultados da experiência e interpretá-los. Escreva, em sumário, suas conclusões.

PERGUNTAS

a) Quanto tempo ficou viva cada môsca depois de iniciada a experiência? Em que ordem morreram elas? Por que?

b) Que volume de oxigênio a môsca do tubo 1 consumiu antes de morrer? E cada uma das moscas do tubo? E as duas juntas, do tubo?

c) Baseado nos seus dados, avalie aproximadamente que volume de oxigênio uma môsca consome em 24 horas.

d) Que volume de oxigênio foi consumido pela fôlha do tubo no decurso da experiência? E em 24 horas?

e) Com os cálculos anteriores você pode prever que volume de oxigênio deve ter sido consumido durante a experiência no tubo 5. Faça isso e compare o resultado com o resultado realmente obtido no tubo.

f) A água se elevou mais no tubo 3 ou no 4? Por que?

g) A água se elevou mais no tubo 5 ou no 6? Por que?

EXERCÍCIO N.º 9

Determinação do consumo de oxigênio por hora

Fure a rôlha de uma garrafa térmica de modo a permitir a passagem de um pequeno tubo de ensaio; em uma rôlha de borracha que se adapte à boca do tubo de ensaio, faça dois furos, um para a colocação de um termômetro e o outro para um tubo fino de vidro; êste será unido por um tubo de borracha a um outro tubo delgado com aproximadamente 25 cm de comprimento.

Êste tubo deverá ser graduado da seguinte maneira: encha-o várias vezes completamente com água e verta o conteúdo em um recipiente graduado até obter um determinado volume. Divida o volume encontrado pelo número de vezes que o tubo foi enchido, para obter a capacidade total do tubo. Divida a capacidade do tubo pelo seu comprimento em milímetros e determine o volume correspondente a cada milímetro de extensão do tubo.

Feito isto, prenda o tubo em uma tira de papelão milimetrado que foi parafinada.

Antes de utilizar o aparelho é conveniente calcular a correção a ser feita em virtude da variação do volume dos gases em função da variação da temperatura. Opere do seguinte modo: feche hermêticamente o tubo de ensaio com a rôlha de borracha e coloque-o dentro da garrafa térmica que foi previamente cheia com água da torneira: após cerca de 15 minutos introduza a extremidade aberta do tubo de vidro graduado na água contida em uma proveta e leia a temperatura que o termômetro indica; a seguir retire parte da água da garrafa térmica e adicione água gelada; meia hora mais tarde leia novamente a temperatura e, fazendo como que a água que ascendeu no tubo graduado fique nivelada com a superfície da água contida na proveta, meça o deslocamento da água no tubo graduado. Vamos supor que uma queda de 10 graus de temperatura provocou um deslocamento de 100 milímetros; neste caso ficaremos sabendo que uma diferença de 1 grau exige uma correção de 10 milímetros.

Para medir o consumo de oxigênio de uma mosca, opera-se da seguinte maneira: Coloque no fundo do tubo de ensaio, sem tocar na parede, tiras de mataborrão embebidas em solução de soda cáustica; acima das tiras de mataborrão ponha um chumaço de algodão e, no espaço superior aprisione uma mosca; feche o tubo de ensaio com a rôlha de borracha e coloque-o no interior da garrafa térmica, Mergulhe o tubo graduado na água que está na proveta. Uma hora depois anote a temperatura e marque o nível da água no interior do tubo graduado, tendo o cuidado preliminar de fazer com que a água no interior do tubo e na proveta fique no mesmo nível. Seis horas mais tarde repita a leitura no termômetro e no tubo graduado. Se a temperatura não sofreu alteração durante este período, o deslocamento da água no tubo graduado no decurso de seis horas indica o consumo de oxigênio pela mosca nesse período. Suponhamos que o deslocamento observado entre as duas leituras foi de 60 milímetros e que cada milímetro de comprimento corresponde a 7 milímetros cúbicos. Neste caso a mosca consumiu 420 mm^3 em 6 horas ou seja, 60 mm^3 por hora.

O mesmo aparelho pode ser usado para medir a respiração de outros pequenos animais e também de partes de vegetais. Fazendo-se a mesma experiência a várias temperaturas (colocando-se água gelada, ou fria, na garrafa térmica) é fácil mostrar que o consumo de oxigênio, por hora, de um mesmo invertebrado (e seu metabolismo) depende da temperatura.

EXERCÍCIO N.º 10

A influência da temperatura e do tipo de metabolismo na respiração animal

FINALIDADE

A velocidade das reações químicas aumenta com a elevação da temperatura. Geralmente um aumento de 10°C em temperatura, duplica a velocidade da reação (regra de Vant' Hoff). A respiração celular é uma reação bioquímica de grande importância, e pode ser facilmente medida pela quantidade de oxigênio que o animal retira do ar num determinado tempo.

Neste exercício você determinará quanto oxigênio é usado por invertebrados e por vertebrados homeotermos poiquilotermos, por minuto. Você calculará a influência pelo tipo de metabolismo (homeotermia ou poiquilotermia) e pela temperatura do meio. Isto aumenta a sua compreensão do modo com que a energia é utilizada pelos animais.

MATERIAL

- Um frasco de tamanho suficiente para conter um sapo ou um rato.
- Uma rôlha de borracha que se adapte perfeitamente a boca do frasco.
- Furador de rôlha.
- Termômetro.
- Tubos de vidro para conexão.
- Pipeta de 10 ml, com graduação em décimos de ml.
- Régua graduada em milímetros.
- Tubo de borracha para conexão.
- Proveta de 30 cm de altura.
- Relógio ou cronômetro.
- Balança.
- Geladeira.
- 1 balde.
- 1 rato, um sapo e um grande número de insetos de tamanho grande da mesma espécie (baratas, besouros).
- Papel quadriculado e um pedaço de papelão.
- Hidróxido de sódio em grão.

PROCEDIMENTO

1. Faça dois buracos na rôlha e ajuste o termômetro num deles e um pedaço do tubo de vidro (use vaselina para fazê-lo deslizar mais facilmente e para selar melhor) de alguns centímetros no outro.

2. Ligue o tubo de vidro à pipeta com o tubo de borracha.

3. Ponha 20 grãos de hidróxido de sódio no frasco e cubra com um pedaço de papelão grosso. Ponha água na proveta até uns 5 cm de altura.

4. Pese um ratinho e coloque no frasco. Feche hermêticamente com a rôlha que tem o vidro e o termômetro adaptadas. Assegure-se que não há comunicação do interior do frasco com o meio externo.

5. Encha o balde com água (se houver qualquer abertura você verá bolhas saindo). Prenda-o com mufas ao suporte para que a posição fique constante.

6. Comece agora a fazer a experiência propriamente dita. Anote todas as suas observações. Observe o termômetro até que os níveis da água do interior e no exterior sejam exatamente iguais (quando isto acontecer, a pressão do ar dentro do frasco será igual a pressão atmosférica). Anote então o nível da água na pipeta. Deixe em repouso e registre imedia-

tamente o tempo. Tenha o cuidado de não tirar a ponta da pipeta fora d'água em nenhuma fase da experiência.

7. Faça leituras de cinco em cinco minutos da mesma forma que a anterior (movimentando a pipeta). Antes de cada leitura assegure-se que a temperatura do termômetro permanece constante. Se houver variação coloque no balde água gelada ou quente até que haja um reajustamento. Pode ser que você não possa fazer a água no interior do tubo ficar no mesmo nível que a água do exterior. Neste caso adicione mais água à proveta até que o nível do interior da proveta fique mais baixo que o de fora e então ajuste novamente e faça outra leitura. Registre todos os resultados da leitura juntamente com o tempo e as temperaturas correspondentes. Depois de 4 leituras, pare a experiência e reponha o rato na gaiola.

8. Calcule o volume do oxigênio gasto pelo rato durante um certo tempo (5 minutos) e registre a diferença entre cada duas leituras. Ache a média dos valores somando-os e dividindo o resultado pelo número de diferenças encontradas.

9. Repita a mesma experiência, com o mesmo rato numa temperatura 10 graus centígrados menor que aquela em que foi realizada a primeira experiência. Para isso use água gelada e água da torneira e misture até conseguir a temperatura desejada.

10. Repita a experiência pela terceira vez, agora numa temperatura 10° C abaixo da anterior.

11. Em seguida tome as médias encontradas em cada experiência e divida pelo peso do animal em gramas e terá como resultado a razão de respiração por grama de peso. Faça um gráfico marcando as temperaturas e a razão de respiração correspondente à cada caso.

12. Repita o mesmo grupo de experiência com um sapo. Coloque os resultados no mesmo gráfico fazendo a curva com lapis de outra cor.

13. Repita o mesmo grupo de experiências com insetos. Para isso pegue um certo número de insetos da mesma espécie (barata, besouros, moscas, etc.) conte-os e coloque-os num vidro, com um pedaço de algodão molhado em éter e feche em seguida. A pesagem só deve ser feita no fim da experiência, e entre as medidas os insetos devem ser mantidos no frasco. Não deixe passar muito tempo entre uma medida e outra, para que você possa terminar toda a experiência antes que alguns insetos morram. Depois de matar e pesar todos os insetos de uma vez, divida a média encontrada pelo peso em gramas, e então por 10, para ter a razão de respiração, por gramas, por minuto. Marque os resultados no gráfico

feito anteriormente mas use uma cor diferente. Compare as curvas obtidas para os três tipos de animais.

PERGUNTAS

- a) Que acontece com CO_2 , produzido pelos animais?
- b) Escreva a equação geral da respiração que representa a oxidação total da glicose.
- c) O CO_2 produzido por um animal, ocupará o mesmo volume que o O_2 utilizado pelo animal, num mesmo período? Por que?
- d) observando os gráficos que conclusão você tira a respeito da influência da temperatura na razão de respiração dos insetos, do sapo e do rato?
- e) Que animal teve a razão de respiração mais afetada pelas mudanças de temperatura?
- f) Se uma mosca pesa 0,02 g, quantas moscas juntas usarão o mesmo oxigênio que um sapo, num mesmo tempo? Quantas usarão o mesmo que um rato?
- g) Acha você que mamíferos em hibernação tem uma razão de respiração tão baixa como a do sapo, em temperaturas baixas?
- h) Pela observação dos seus resultados, você diria que os insetos podem manter a temperatura do corpo constante?

EXERCÍCIO N.º 11

Distribuição geográfica da radiação solar

FINALIDADE

Você pode fazer uma idéia da quantidade de radiação solar que qualquer região da Terra recebe verificando, num mapa, sua latitude. Isso lhe dará uma indicação geral do tipo de comunidades que podem existir em tal região, apesar de que, para uma caracterização dos fatores ambientais que permitem a instalação de determinado bioma, têm de ser levados em conta muitos outros fatores, como a altitude, a umidade atmosférica, etc. Este exercício fará com que você se familiarize com a distribuição de climas e biomas do mundo.

PROCEDIMENTO

Procure num mapa as latitudes das cidades abaixo. Levando em conta a posição do Sol e a hora do dia citados, faça uma lista das cidades abaixo em ordem decrescente de insolação (horas de sol por dia).

1. *Meio dia, no solstício de junho*: Winnipeg, Canadá; New Orleans, Estados Unidos; Rio de Janeiro, Brasil; Caracas, Venezuela; Boston, Estados Unidos.

2. *Meio dia, no solstício de dezembro*: Singapura, Maláia; Hobart, Tasmânia; Tóquio, Japão; Manila, Filipinas. Brisbane, Austrália, Cantão, China.

3. *Meio dia, durante o equinócio*: Tananarive, Madagascar; Cidade do Cabo, África do Sul; Madrid, Espanha; Nairobi, Quênia; Cairo, Egito; Copenhagem, Dinamarca.

PERGUNTAS

a) Levando em conta apenas a quantidade de radiação solar, em qual das duas cidades o inverno deve ser mais rigoroso:

a) Rio de Janeiro, ou New Orleans? b) Havana, ou Caracas? c) Brisbane, ou Tananarive? d) Tóquio, ou Copenhagem?

b) Se os biomas dependessem apenas da radiação solar, que biomas se instalariam nas seguintes cidades, caso fossem elas abandonadas pelo homem: Rio de Janeiro, Tóquio, Nairobi, Winnipeg?

EXERCÍCIO N.º 12

Microclimas produzidos por organismos terrestres

FINALIDADE

Analizamos as comunidades terrestres e os efeitos do clima sobre elas. O clima se refere a uma condição média, relativa a longos períodos de tempo; mas numa mesma região caracterizada por determinado clima, encontram-se zonas em que a temperatura, a umidade e outros fatores diferem. Essas variações menores do ambiente constituem habitats diversos, e estes, por sua vez, podem estar divididos em unidades menores chamados micro-habitats. Uma árvore proporciona pelo menos três micro-habitats: a folhagem, o tronco e o solo que ela cobre. Vamos, neste exercício, localizar e caracterizar micro-habitats.

MATERIAL

- Relógios.
- Termômetros.
- Higrômetros.
- Fitas métricas.

PROCEDIMENTO

1. Os alunos sincronizam seus relógios e combinam uma determinada hora para fazer a leitura dos instrumentos.

2. Selecione locais variados numa mesma região, que difiram quanto à vegetação. Os solos, sempre que possível, devem ser semelhantes.

3. Cada grupo de alunos, munido de um relógio, um termômetro e um higrômetro, vai para o lugar que lhe fôr assinalado e procede às medidas, iniciando-as na hora combinada com os outros grupos.

4. Meça a temperatura e a umidade junto à superfície do solo, e depois a 25 cm, 50 cm, 75 cm, 1 m e 1,5 m de altura. Tome cuidado para não deixar que os raios do sol caiam diretamente sobre seus instrumentos: resguarde-os com o seu corpo, sem deixar, também, que o calor dêste influa na medida. Dêse modo você medirá a temperatura do ar e do solo e não a intensidade direta da luz solar. Coloque seus instrumentos em posição 5 minutos antes da hora marcada para iniciar as medidas. No momento exato, faça as leituras bem junto ao solo. Mova imediatamente os instrumentos para a segunda posição e faça a segunda leitura 5 minutos depois da primeira. Continue assim, fazendo leituras de 5 em 5 minutos até atingir a posição mais alta.

5. Quando completar a tomada de dados construa com os outros membros do seu grupo uma tabela comparando a temperatura e a umidade dos diferentes micro-habitats estudados.

PERGUNTAS

a) Qual dos micro-habitats é o mais frio e o mais úmido? Qual o mais quente e seco?

b) As temperaturas e umidades de dois dos habitats estudados são semelhantes? Qual a sua distância do solo?

c) Que outros fatores, além da vegetação, podem ter influência nos micro-climas?

d) Como pode o homem alterar o clima?

EXTENSÃO DO EXERCÍCIO

Será interessante obter dados a alturas maiores. Um aluno sobe numa árvore, e, depois de instalado confortavelmente, içar os instrumentos por meio de barbantes fortes. As medidas podem ser feitas a 2 m, 3 m, etc.

EXERCÍCIO N.º 13

A vida num aquário

FINALIDADE

Análise dos seres de água doce que podem viver em aquário, das interrelações que apresentam e da sucessão de comunidades que se desenvolvem, no curso do tempo. Várias extensões do exercício permitem o estudo da influência das condições do meio sobre a sucessão de comunidades.

MATERIAL

- 2 cubas de vidro (ou vasilhas de matéria plástica de boca bem larga) com capacidade de cerca de 4 litros.
- 2 frascos de boca larga de meio litro.
- Conta-gôtas.
- Areia ou cascalho para o aquário (não serve areia de praia, a não ser que seja muito bem lavada para tirar o sal).
- Microscópio, lâminas e lamínulas.
- Plantas e animais aquáticos, de aquário, de riacho, charco ou lago.
- Capim.

PROCEDIMENTO

1. Lave as cubas e frascos com sabão (ou detergente) e enxague bem para remover qualquer traço de sabão, que poderia matar os seres que você quer cultivar.

2. Ponha uma camada de cerca de 2,5 cm de areia em uma cuba e encha-a, quase até a borda com água de chuva (ou água de torneira deixada num vaso de boca larga por duas semanas, para perder o cloro, caso seja clorada).

Este vai ser seu aquário: você colocará nele as plantas e animais aquáticos que puder arranjar.

Não transfira imediatamente o material que você trouxe para o aquário para que as temperaturas se igualem. Transfira o material para o aquário devagar e com cuidado. Acrescente mais água à medida que a do aquário fôr se evaporando. Este aquário representa um charco permanente onde vivem organismos que fabricam o seu próprio alimento (produtores), outros (consumidores primários) que vivem do alimento produzido por eles, e ainda outros que se alimentam dos consumidores primários (consumidores secundários).

3. Ferva em água umas 25 folhas de capim, de cerca de 15 cm de comprimento cada uma. Depois de esfriar, coloque isso na outra cuba. Ela representa um charco temporário, que seca numa estação e fica cheio de água depois das chuvas. Nesta época as bactérias decompõem as plantas que cresciam aí (representadas pelo capim) e as substâncias resultantes são usadas pelos organismos maiores. Estes se desenvolvem a partir de esporos que caem do ar.

4. Deixe o aquário e a outra cuba uma semana e depois examine o conteúdo dos dois. Tire com o conta-gotas, amostras da água de diferentes regiões (fundo, superfície, próximo à parede aderente às plantas). Observe ao microscópio e faça uma lista do que encontrou, notando a abundância relativa dos diversos tipos.

5. Depois de um mês faça nova análise e compare com a primeira. Procure descobrir as causas das diferenças encontradas nas comunidades.

PERGUNTAS

- a) Que tipos de organismos predominavam, na primeira análise, no aquário e na cuba com capim?
- b) Explique a causa dessas diferenças.
- c) Quais as principais alterações que sofreu a comunidade do aquário durante o mês que durou a experiência?
- d) E quais ocorreram na comunidade da cuba com capim?
- e) Que organismos são produtores, consumidores primários, consumidores secundários e decompositores no aquário?
- f) E na cuba de capim?

EXTENSÃO DO EXERCÍCIO

O aquário e a cuba de capim podem ser estudados por tempo mais longo para se verificar que novas alterações ocorrerão nas respectivas comunidades. Além disso, pode-se usar dois aquários iguais e alterar num deles certas condições para ver que efeito isso tem sobre a comunidade. Por exemplo, qualquer das modificações seguintes são muito instrutivas quando feitas em um dos aquários, ficando o outro como controle:

- a) Deixe o aquário no sol por períodos de tempo progressivamente maiores, sem deixar a água aquecer demais.
- b) Deixe o aquário num lugar pouco iluminado.

c) Adicione um pouquinho de fertilizante comercial ao aquário. Dissolva o fertilizante separadamente em água, conforme fôr indicado nas instruções que acompanham o pacote e ponha algumas gotas da solução no aquário.

d) Tente usar outras substâncias nutritivas que contenham um único elemento essencial, por exemplo, sal de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio ou ferro.

e) Introduza no aquário novos tipos de organismos para ver o efeito que eles terão sobre as populações já presentes. Para isso, colete você mesmo, ou arranje com os colegas ou o professor animais como: sanguessugas, copépodos, insetos (adultos ou larvas) caramujos, peixinhos, caranguejos de água doce; ou vegetais como elódea, nitela, conjugadas, diatomáceas, etc.

EXERCÍCIO N.º 14

A Sucessão ecológica numa comunidade de laboratório

FINALIDADE

As sucessões ecológicas tomam tempos variáveis para se completarem. Uma que se desenvolve num breve período é a sucessão de microorganismos numa infusão de alface. Este exercício lhe dará a oportunidade de provar os seguintes princípios, entre outros:

a) As populações de microorganismos se alteram com rapidez num ambiente pequeno.

b) Os fatores do ambiente, ou outros seres vivos presentes, influem no desenvolvimento de cada população da comunidade.

c) Também numa comunidade de microorganismos se estabelecem cadeias alimentares, com produtores e consumidores.

d) A "trama da vida" pode ser muito complexa, mesmo numa pequena comunidade de microorganismos.

Além disso, você vai verificar:

a) Que tipos de seres vivos surgem na infusão de alface.

b) Em que ordem as populações dos diversos tipos de seres aparecem e se desenvolvem.

c) Como certos fatores do ambiente influem no desenvolvimento dessas populações.

d) Como o tamanho de certas populações influem sobre o crescimento de outras que vivem na mesma comunidade.

MATERIAL

- 4 frascos grandes de boca larga, como os de geléia (ou copos, ou cubas de laboratório).
- Tampas para os frascos (ou pires para cobrir os copos, ou placas de vidro para cobrir as cubas).
- Conta-gôtas (ou pipetas).
- Microscópio composto, lâminas e lamínulas.
- Microscópio estereoscópio (dispensável).
- Algodão.
- Fôlhas de alface (ou capim e fôlhas caídas, colhidos num charco que secou).
- Água de charco ou lago onde vivam plantas e animais (ou água de torneira).

PROCEDIMENTO

1. Encha cada frasco até o meio com a água de charco, previamente fervida e resfriada; ponha em cada frasco alguns pedaços de fôlhas de alface.

2. Etiquete os frascos (data, local em que ficará cada frasco), cubra-os com as tampas, sem atarrachá-las, para que possa entrar ar, e coloque-os nos seguintes lugares:

Frasco 1 — Na geladeira.

Frasco 2 — No canto mais escuro da sala, mas não na escuridão absoluta.

Frasco 3 — Em lugar bem iluminado durante o dia, mas onde não bata sol diretamente.

Frasco 4 — Onde receba sol direto algumas horas por dia.

3. Observe as culturas cada dia (ou cada dois dias) e anote qualquer mudança de aspecto, mesmo ligeira (a água está ficando turva? formam-se “nuvens” dentro dela? a alface fica coberta de limo? amolece?).

4. Cada dia (ou cada dois dias) examine ao microscópio gôtas d'água de cada frasco, tiradas da superfície e do fundo, com e sem detritos de alface. Para isso, coloque com o conta-gôtas uma gôta d'água numa lâmina, cubra com a lamínula e examine no microscópio composto com aumento pequeno e médio (diminuindo a quantidade de luz no microscópio, você verá melhor). Observe os microorganismos que aparecerem, procurando classificá-los em tipos (bactérias, algas, flagelados, ciliados, amebas, vorticelas, etc.; e rotíferos, oligoquetas, nematodios, etc. entre os pluricelulares). Verifique quais têm clorofila e quais não têm. Tome nota da abundância relativa de cada tipo. Quando você quiser observar melhor microorganismos que se movem muito depressa, monte a gôta d'água na lâmina com um pouco de algodão (os

fios do algodão impedirão que os microorganismos “corram” e você poderá tê-los por mais tempo no campo do microscópio).

5. Depois de uma ou duas semanas de observação, consulte e faça uma tabela mostrando que tipos de seres eram mais abundantes em cada dia de estudo, nos quatro frascos. Interprete os resultados e descreva como se desenvolveu a sucessão em cada frasco. Consultando livros de texto quando necessário, procure averiguar de que se alimenta cada tipo de microorganismo que você identificou. Procure delinear as cadeias alimentares que se estabeleceram em cada frasco, nas diversas fases da sucessão. Escreva suas conclusões.

PERGUNTAS

a) Que seres eram produtores, consumidores primários e consumidores secundários, nos diversos frascos?

b) Pode você explicar por que as populações de bactérias, de flagelados, de ciliados e de rotíferos variaram de tamanho?

c) Que seres eram mais abundantes nos primeiros dias e quais predominavam nos últimos dias de observação? Por que?

d) Que diferenças fundamentais você notou na abundância e tipos de seres nos quatro frascos? Que conclusões você pode tirar disso, quanto ao efeito da temperatura e da luz no desenvolvimento das populações de microorganismos observadas?

EXTENSÃO DO EXERCÍCIO

Terminada a experiência, deixe o frasco que maiores populações apresentou destampado até evaporar-se toda a água. Observe de quando em quando que organismos ainda persistem nêle. Muitos meses depois, quando o frasco estiver completamente seco, use o material restante para iniciar nova experiência. Para isto basta juntar a êle água fervida e resfriada. Verifique que microorganismos surgem desta vez. Assim você determinará quais dêles têm formas de resistência capazes de suportar ambiente sem água.

EXERCÍCIO N.º 15

Sucessão ecológica em uma comunidade natural

FINALIDADE

As comunidades que não estão no clímax modificam-se paulatinamente com o tempo. Por outro lado, em zonas vizi-

nhas, observamos com frequência comunidades diferentes, seriadas na mesma ordem em que se sucedem, no mesmo lugar, com o correr do tempo. É possível, assim, estudar as diversas fases de uma sucessão analisando as zonas sucessivas, ocupadas por comunidades diferentes, a partir de uma rocha nua, ou de um charco ou lagoa, onde encontra a comunidade pioneira, até chegarmos a uma zona de terreno fértil, onde viceje a comunidade clímax. É o que faremos neste exercício.

I. *Uma sucessão a partir da lagoa.*

PROCEDIMENTO

1. Observe uma lagoa e a vegetação ao redor e procure distinguir zonas de vegetação diversa que se dispõem concentricamente. No centro há uma área de água barrenta. Perto da beira há um círculo de vegetação flutuante e depois um círculo de plantas aquáticas mais firmemente enraizada, vêm depois plantas que têm a base dentro d'água e as extremidades acima da água. Mais adiante existe, talvez, uma área pantanosa, com taboa e junco, e finalmente um campo com capim alto ao qual se segue a região de arbusto e árvores. O estudo dessa seqüência lhe revela a sucessão de comunidades que vão de condições de extrema umidade até condições menos radicais, onde fica a floresta.

2. Faça uma lista das comunidades que você distingue, desde o centro da lagoa, até a floresta. Faça uma lista dos tipos de plantas e animais mais abundantes que você encontra em cada comunidade da sucessão.

PERGUNTAS

a) Há animais que ocorrem numa só das comunidades? Por que ficam restritos a elas?

b) Que fatores limitam, neste caso a distribuição das plantas de cada comunidade?

II. *Uma sucessão a partir da rocha nua*

1. Visite uma região montanhosa com encostas rochosas. Estas áreas apresentam uma sucessão que parte de condições muito secas até condições mais normais.

2. Localize uma rocha nua, sem nenhuma planta, exposta ao sol, ao vento e à chuva. Este é o primeiro passo da sucessão. Aí poderão fixar-se líquens crostosos ou certos musgos, os quais formam a vegetação pioneira, que muito lentamente vai decompondo a pedra. O ácido resultante da

combinação da água com gás carbônico desprendido na respiração desses vegetais ataca a rocha e aos resíduos se junta a matéria orgânica proveniente dos líquens uma fina camada de solo em que líquens mais exigentes já podem viver. Estes continuam a atacar a rocha, até que outras plantas venham tomar o seu lugar.

3. Procure pedras com líquens folhosos, musgos, pteridófitas, angiospermas. Procure as formações que seguem, já em terreno mais fértil, até atingir um capão de árvores. Veja quantos destes estágios você pode encontrar e organize uma lista, especificando as plantas e animais mais típicos de cada zona.

PERGUNTAS

a) Como contribuem os animais que você encontrou na alteração do solo que permite o progresso da sucessão?

b) Veja se descobre por que certos animais que você encontrou numa das zonas não pode viver em outras.

c) Você conhece algum caso em que há sucessão também numa rocha nua, mas no qual os animais são agentes pioneiros mais importantes que as plantas?

EXERCÍCIO N.º 16

Estudo da comunidade natural existente numa bromélia

As plantas epífitas apresentam adaptações para acumular água e substâncias orgânicas que não podem retirar do solo. Muitos membros da família das *Bromeliaceae* são epífitas e têm as folhas dispostas de modo a formar uma espécie de cálice onde fica água depositada.

Nessa água se desenvolve uma comunidade toda especial que será muito interessante analisar.

Na floresta escolha duas bromélias da mesma espécie e de preferência do mesmo tamanho. Examine ao microscópio gotas de água retiradas das várias regiões da Bromelia. Despeje cuidadosamente toda a água existente no cálice de cada uma em um frasco, etiqueta e leve para o laboratório. Examine o conteúdo dos dois frascos, identifique os organismos aí existentes e faça uma lista comparando os que encontrou numa e noutra planta.

Depois recoloque a água colhida numa das plantas, na outra ponha água de torneira e examine periodicamente durante 20 dias. É conveniente envolver as duas plantas com filó ou gase para evitar que os insetos resultantes das larvas que eventualmente existam, escapem.

A água da outra planta deve ficar num frasco de boca larga, e o exame das três amostras deve ser feito ao mesmo tempo.

Depois de 20 dias, tire a água de uma das plantas e conserve a da outra, repondo a medida que ela for se evaporando. Faça isso enquanto a planta resistir a falta d'água.

PERGUNTAS

a) A comunidade encontrada nas duas plantas é composta dos mesmos organismos? Os organismos não são os mesmos em diferentes alturas?

b) Os organismos existentes se desenvolvem do mesmo modo no interior da planta e no frasco de vidro? E na planta que contém água de torneira o que acontece?

c) Há modificação na composição da comunidade com o correr do tempo?

d) Quais os produtores e os consumidores da comunidade?

e) A bromélia é beneficiada de algum modo pela existência dessa comunidade?

f) Quanto tempo a planta resiste sem ter água em depósito? De onde ela retira a água durante esse período?

EXERCÍCIO N.º 17

Estudo de uma comunidade terrestre

Este exercício tem por fim analisar uma comunidade terrestre: as plantas e animais que a formam, o papel que êles desempenham nela e a influência que o ambiente exerce sobre os organismos.

Esse estudo está dividido em quatro partes. A primeira trata dos vegetais da comunidade e a segunda dos animais, as duas devem, porém, ser estudadas ao mesmo tempo, durante as excursões. A terceira e quarta partes tratam de análises dos dados colhidos.

MATERIAL

- 30 m de corda fina (ou barbante) marcados de 0,5 m em 0,5 m.
- Saco de plástico.
- Lata cilíndrica de 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura.
- Lâmpada elétrica.
- Funil com suporte.
- 4 estacas de madeira.

- Rêde de insetos.
- Arco metálico.
- 3 frascos de vidro.
- Etiquetas.
- Fita métrica.
- Binóculo.
- Ratoeira.
- Prensa para herbário e jornais.
- Formalina (formol a 40%).

PROCEDIMENTO

1. *Seleção do local.* — O local de estudo deve, se possível, ficar perto da escola, pois assim será fácil voltar a êle várias vezes. Será interessante escolher o bioma típico da região, ou, em áreas urbanas, um terreno abandonado. O tamanho do terreno depende da densidade da vegetação. A área ideal para uma classe de 30 alunos é de cerca de 50 m² (7 m de lado).

2. *Demarcação do local.* — Coloque uma estaca num dos ângulos do terreno. Com a corda meça os dados do quadrado e fixe as estacas restantes. Em seguida subdivida o quadrado em tantas áreas quantos forem os grupos de alunos.

3. *Observação geral.* — Verifique quantas camadas de vegetação se podem distinguir: árvores de cobertura, árvores de altura menor, arbustos, ervas. Para a análise da vegetação é interessante usar três quadrados de tamanhos diferentes, assim:

a) um “quadrado de árvores” (cerca de 10 cm) onde serão contadas tôdas as árvores cujos troncos tenham mais de 10 m de diâmetro;

b) um quadrado de cerca de 14 m² onde serão contadas as árvores jovens e arbustos (10 cm a 2,5 cm de diâmetro de tronco);

c) e, finalmente, um quadrado de cerca de 1 m² para plantinhas jovens e erbáceas. É importante também fazer uma estimativa da área de solo nu, ou coberto por líquenes e musgos.

4. *Determinação provisória das espécies.* — Uma fase fundamental do trabalho é o reconhecimento das espécies de plantas presentes. Não é necessário que se descubra o nome científico de cada planta, mas é preciso que se identifique as que pertencem a uma mesma espécie. Por exemplo, no caso das árvores, examine uma por uma (o caule, as folhas e as flôres e frutos, se houver) e colha material para estudo posterior. Dê um nome arbitrário a cada espécie; por exemplo, espécie A, ou espécie “cascuda” (se tiver a casca do tronco

espessa) e tome nota de alguns caracteres mais típicos. Por exemplo: espécie A — tronco liso folhas opostas, longas, flôres em cachos amarelos. Passe para a árvore seguinte. Se não fôr da mesma espécie, dê-lhe um nome e faça uma pequena descrição. No fim você saberá quantas espécies diferentes e quantos exemplares de cada espécie existem no quadrado de árvores. Faça o mesmo para a camada de arbustos e de ervas.

5. *O herbário.* — Prepare um herbário com material colhido de tôdas as espécies do quadrado. Para isso coloque ramos, de preferência floridos ou com frutos, entre folhas de jornal, junto com uma etiqueta onde esteja o nome provisório e sua descrição sumária (especialmente dados que não se possam observar no material arborizado, como porte, aspecto do tronco, etc.). Comprima os jornais, com o material dentro, na prensa (duas tábuas finas ou, para pesar menos dois gradeados feitos de hastes finas de madeira) e amarre, apertando bem. No laboratório, mude o jornal (que fica úmido em contato com as plantas) se necessário, até que o material fique sêco. Procure determinar as famílias a que pertencem as plantas, com auxílio de livros de botânica ou chaves para determinar as famílias a que pertencem as plantas, com auxílio de livros de botânica ou chaves para determinação da família (como a de Viana Freire ou de Thonner). Quando não conseguir mais avançar na classificação por si mesmo, recorra ao professor ou a um botânico. Assim você poderá ficar sabendo o nome das espécies do quadrado, ou pelo menos o gênero ou a família a que pertencem.

6. *Densidade* — Mesmo usando os nomes provisórios para as espécies, faça uma lista das que vão ocorrendo e conte quantos indivíduos de cada uma existem no quadrado. Calcule a densidade da população de cada espécie por exemplo, em número de indivíduos por metro quadrado. Assim você terá uma medida da abundância das diversas espécies no quadrado. No caso das árvores, será interessante medir, com uma fita métrica, a circunferência do tronco, sempre à mesma altura (por exemplo, ao nível de sua cintura). Tome nota dessas medidas separadamente, por espécie.

7. *Análise dos resíduos e cobertura do solo.* — Colete amostras do solo para serem analisadas no laboratório e examine cuidadosamente, no local, uma área de 15 cm² verificando suas diversas camadas (cobertura de folhas, camada de humus, solo mineral, pedras) e veja se o solo aí é encharcado, úmido, ou sêco, se está debaixo de árvores ou exposto ao sol, etc. No laboratório, coloque as amostras de terra em vasos e as regue periodicamente. Verifique quantas plantinhas nascem por cm² de superfície para ter uma idéia da

abundância de sementes espalhadas no solo e prontas para germinar. A que tipos pertencem essas plantas (monocotiledôneas ou dicotiledôneas)?

8. *Conclusões.* — Escreva um relatório analisando o quadrado que você estudou (tipos de vegetação, camadas ecológicas, plantas pioneiras, plantas dominantes ou mais abundantes, associações de espécies).

PERGUNTAS

- a) Quantas camadas de vegetação há no seu quadrado?
- b) Quais as espécies mais comuns (de maior densidade) em cada camada?
- c) O quadrado está coberto por vegetação pioneira, pela comunidade clímax, ou por uma comunidade intermediária?
- d) Se você pudesse voltar a esse mesmo lugar depois de 200 anos, que aspecto encontraria se as condições climáticas permanecessem as mesmas e não houvesse interferência humana?

EXTENSÃO DO EXERCÍCIO

Você pode estudar a mesma área em várias épocas do ano e descobrir quando ocorrem o florescimento e a frutificação das diversas espécies e que outras modificações ocorrem na vegetação.

Será interessante também limpar completamente uma área e verificar depois como se dá a invasão pelas plantas; quais as que aparecem primeiro (pioneiras) e quais as que se instalam depois.

II. *Comunidade Animal*

PROCEDIMENTO

1. *Tarefas.* — Os alunos encarregados desta parte devem estar organizados em grupos de modo que as quatro tarefas seguintes sejam executadas:

- a) Colhêr amostras de solo e, no laboratório, retirar delas os minúsculos animais que contêm;
- b) Colhêr os insetos e outros invertebrados;
- c) Colhêr os animais macroscópicos da superfície do solo durante a excursão;
- d) Colhêr ou observar os vertebrados que apareçam.

2. *Coleta de animais pequenos do solo.* — Colha a camada de folhas do chão, ainda não apodrecidas, num quadrado de 25 cm de lado, marcado no chão. Coloque as folhas num saco de plástico, feche-o e etiquete-o para levar para o

laboratório. Colha no mesmo quadrado uma amostra de terra até uma profundidade de 8 a 10 cm. Isto pode ser feito facilmente usando uma lata cilíndrica. Coloque-a boca para baixo no chão, dentro do quadrado e pise nela, fazendo-a penetrar na terra até que o fundo fique quase ao nível do solo. Cave em torno para poder retirar a lata com a terra que contém. Guarde a terra num saco etiquetado e feche-o para levar para o laboratório. Se houver tempo, colha amostras em outros quadrados (em zonas mais secas ou mais úmidas, em solos de constituição diferente, etc.). No laboratório, ponha cada amostra dentro de um funil suspenso num suporte tendo, por baixo do bico, um frasco com formalina. Por cima do funil instale uma lâmpada elétrica fraca, a uns 10 cm da superfície do material. A luz e o calor da lâmpada farão com que os animaizinhos existentes na amostra caminhem para baixo até caírem no frasco com formalina. No fim de uma semana você terá obtido quase todos os animaizinhos que estavam na amostra. Esse método funciona bem para recolher diminutos aracnídeos e insetos.

3. *Coleta de animais maiores do solo.* — Arranje um arco metálico, ou faça um de arame. Durante a excursão jogue o arco no chão, num lugar qualquer, para delimitar a área a ser explorada. Colha *todos* os animais que encontrar no solo limitado pelo arco, colocando-os em dois vidros com formalina: um para os que estiverem entre as folhas e detritos da superfície e outro para os do solo mineral até uns 10 cm de profundidade. Etiquete esses vidros.

4. *Coleta de insetos que voam.* — Use uma rêde de insetos de cabo curto e aprenda a manejá-la, dando redadas em torno, enquanto anda. A rêde deve passar junto das ervas e arbustos, ou mesmo tocar suas folhas. Dê 48 passos mais ou menos em linha reta, dando uma redada por passo. Pode considerar-se a amostra de insetos assim colhidos como correspondendo grosseiramente aos que existem, num dado momento, sobre um m² do solo. Após a última redada coloque a rêde dentro de um saco de plástico e jogue junto um algodão embebido em éter. Feche bem o saco. No fim de algum tempo os insetos estarão mortos. Prepare-os para levar para o laboratório; as borboletas e mariposas devem ser colocadas em envelopes feitos dobrando-se uma folha de papel; os besouros, dentro de um frasco; os insetos mais delicados em outros frascos. No laboratório antes que os insetos sequem e fiquem quebradiços, monte-os espetados em alfinetes, em caixas (de charuto por exemplo) com o fundo coberto de algum material em que se possam enfiar os alfinetes (celotex, cortiça). Procure determinar as ordens a que pertencem os

insetos colhidos, com auxílio de livros ("Entomologia para Você" de Messias Carrera) e do professor.

5. *Coleta ou observação de vertebrados.* — Procure anfíbios, répteis, e outros animais deslocando pedras ou troncos por trás dos quais possam estar escondidos. Reponha as pedras e troncos como estavam antes para não alterar inútilmente o hábitat dos pequenos organismos que vivem aí. Tendo um binóculo, procure ver e identificar as aves. Arme a ratoeira para capturar pequenos roedores.

6. No laboratório os animais colhidos servirão para dar uma idéia da diversidade de espécies do reino animal, na comunidade estudada. Servirão também para um exercício de classificação. Cada grupo deve fazer uma lista dos animais coletados, de acordo com os hábitats em que foram encontrados.

PERGUNTAS

a) Faça um diagrama esquematizando a cadeia alimentar da comunidade estudada.

b) Quais os consumidores primários? Quais os secundários?

c) Quais são os decompositores mais importantes da comunidade

d) Quais os animais mais típicos de cada camada de vegetação?

e) Que animais estavam confinados a hábitats muito especiais (buracos no chão, ou em troncos podres, folhas caídas, troncos de árvores, etc.).

EXTENSÃO DO EXERCÍCIO

Um grupo de alunos poderá realizar a coleta e análise dos nematóides encontrados nas amostras de solo trazidas da excursão.

MATERIAL

- Funil de vidro.
- 1 frasco pequeno.
- Saco plástico.
- Pedaco de pano de malha pequena.
- Presilha para tubo de borracha.
- Tubo de borracha.
- Microscópio, lâminas e lamínulas.

PROCEDIMENTO

1. Colha uma lata de solo úmido e coloque num saco de plástico. Feche-o bem e leve-o para o laboratório.

2. Adapte ao bico do funil o tubo de borracha e coloque a presilha. Encha o tubo de borracha com água e forre o funil por dentro com o pano.

3. Deixe assim durante 48 horas, depois abra a presilha e deixe cair o líquido num frasco. Examine uma gota dessa água ao microscópio. Tire outras amostras 60 e 72 horas depois. Se encontrar nematóides, conte o número que encontrar em 5 campos microscópicos e calcule a média, por campo. Faça um cálculo aproximado do número de nematóides existentes na amostra de terra.

4. Observe os efeitos da luz sobre os nematóides, expondo-os à luz direta e vendo como reagem. Coloque alguns no refrigerador e compare com outros à temperatura comum. Veja os efeitos que pode ter a variação de pH do meio sobre os nematóides. Coloque vários numa lâmina, com bastante água e pingue, de um lado, uma gota de ácido (e, noutra lâmina, de base) diluído. Observe se os animais se aproximam ou se afastam do ácido (ou da base).

III. *Análise dos dados sobre a parte vegetal da comunidade*

Analise separadamente os dados referentes a cada camada de cobertura vegetal do quadrado analisado.

1. *As árvores.* — Se outros grupos de colegas estudaram quadrados diferentes, junte seus dados com os deles e calcule a densidade da população de cada espécie de árvore, em número de indivíduos por m^2 (ou por 10.000 ou 100 m^2). Assinale quais são as espécies dominantes (mais comuns) na comunidade estudada. Com os dados conjuntos, faça uma tabela distribuindo as árvores de cada espécie de acordo com a circunferência dos troncos, por exemplo, de 30 a 60, de 61 a 90, de 91 a 120 cm, etc. Examine, nessa tabela, que espécies parecem estar dando descendentes na comunidade. Por exemplo, se a espécie A tem 70 indivíduos com tronco grosso e 10 com tronco fino, e a espécie B esteja se reproduzindo melhor que a espécie A e virá a substituí-la na comunidade.

3. Determine a densidade dos vegetais sub-arbustivos e das ervas. Para as espécies erbáceas que fazem uma cobertura contínua de certa área, em lugar do número de indivíduos por unidade de área, calcule a percentagem da área do quadrado que ocupam. Determine, também, a percentagem de área descoberta e coberta por líquens e musgos.

QUESTÕES

a) Quais as espécies dominantes na comunidade estudada?

b) Quantas camadas de cobertura você distinguiu na área estudada?

c) Cite as espécies mais importantes (mais abundantes) de cada camada.

d) Certas plantas fazem parte de determinada camada porque não crescem mais; outras porque são jovens: e, portanto, farão parte, mais tarde de outra camada. Descubra as espécies que estão nesta última categoria em cada camada?

e) Que provas você apresenta para dizer que a comunidade estudada está numa fase transitória da sucessão, ou que está na fase de comunidade clímax?

f) Que espécies da camada mais alta parecem estar se reproduzindo bem e quais são?

IV. *Análise dos dados sobre a parte animal da comunidade*

1. *Identificação dos animais.* — Separe os diferentes grupos durante a excursão e procure identificá-los chegando com a classificação até ordem e quando possível, até família, gênero, ou espécie. Para isso use livros e chaves de classificação, ou recorra ao professor.

2. *Análise dos tipos de alimentação.* — Sempre que possível identifique, pelo exame do aparelho bucal, dos dentes ou do conteúdo do tubo digestivo, o tipo de alimentação dos animais capturados (herbívoros, carnívoros, hematófagos, etc.). Faça uma lista dos consumidores primários e dos secundários. Construa esquemas das cadeias alimentares.

3. *Densidade das populações.* — Depois da identificação e da contagem dos animais calcule a densidade para os diferentes grupos, (classes, ordens) dividindo o número total de animais de cada grupo, pela área do quadrado (ou o volume de terra) em que foram capturados. Faça uma tabela indicando a densidade dos diversos grupos nas várias camadas: solo mineral, camada de folhas do solo, e vegetação rasteira. Inclua na tabela os dados sobre os insetos e passarinhos.

PERGUNTAS

a) Quais as relações entre as plantas e os animais da comunidade terrestre?

b) Como você explica a localização de certos grupos animais somente em determinadas camadas de vegetação?

c) Qual o papel dos decompositores nas relações entre as plantas e animais da comunidade terrestre?

d) Que grupos taxonômicos (classes, ordens) têm maior número de representantes na sua coleção de consumidores primários? E de secundários?

e) Que adaptações à habitats especiais você encontrou nos animais colhidos?

f) Que deveria acontecer na comunidade com as populações das plantas se todos os consumidores secundários desaparecessem?

EXERCÍCIO N.º 18

Estudo de uma comunidade de água doce

FINALIDADE

Este exercício é realizado, de início, no campo e depois no laboratório. A classe coletará os organismos das diferentes partes de uma lagoa, tentará descobrir à que grupos taxonômicos pertencem e verificará que adaptações eles apresentam. Isso dará aos alunos conhecimento direto sobre os caracteres de vários tipos de seres vivos e da estreita relação que existe entre tais caracteres e as condições do ambiente.

I. Coleta dos organismos.

MATERIAL

- 15 frascos de cerca de 4 litros.
- 15 frascos de 0,5 l.
- Lata cilíndrica grande (cerca de 5 litros).
- 3 peneiras de malhas de tamanhos diferentes.
- Tarrafa de malha de 1 cm.
- Anzóis, linha, vara e isca, para pescar.
- Rêde de nylon para plancton.
- 10 sacos de plástico, grandes.
- Barra de madeira com pregos.
- 5 metros de corda.

PROCEDIMENTO

1. *Organização.* — Durante a excursão, à uma lagoa ou charco, os alunos formam quatro grupos para coletar o material. Um será encarregado da parte de microorganismos, outro das plantas aquáticas, um terceiro dos animais microscópicos e o último retirará material do fundo da lagoa. Os alunos devem usar roupas de banho ou roupas velhas.

2. *Coleta de plancton.* — Faça uma rêde de nylon bem fino em forma de cone truncado, para coleta de plancton, com 20 cm de diâmetro na abertura maior e 2 cm na menor. Adapte esta em tórno da boca de um tubo de ensaio e amarre bem. Na boca da rêde, adapte um cabo de cêrca de 1 metro. Passe a rêde na água limpa, na região em que há plantas submersas e na região das plantas que crescem parte fora da água. Ponha o material coletado no tubo de ensaio da rêde, em cada local, em vidros diferentes e etiquete-os. Tenha o cuidado de não enchê-los completamente, para que haja ar suficiente. Se a coleta fôr bem sucedida, a água ficará turva; e não, tente fazer coletas em outras profundidades.

3. *Coleta de plantas.* — Colete pedaços da parte submersa das plantas aquáticas e guarde em frascos com água. Não se deve pôr muito material no mesmo frasco, pois, se houver animais presos às fôlhas, êstes morrerão. Colha também um exemplar de cada espécie da planta, se possível com raízes, caules, fôlhas, etc., e guarde-as nos sacos de plástico. Para recolher material das partes mais profundas, passe uma barra de madeira cheia de pregos no fundo da água e guarde os pedaços de material que venha preso a ela.

4. *Coleta de material de fundo.* — Prepare uma lata de 5 litros presa à uma corda. Jogue-a ao fundo da lagoa e arraste-a de modo à recolher material (lodo) do fundo. Lave êsses materiais na peneira até que tôda a lama seja removida. Guarde os organismos que ficarem na peneira em frascos com água. No fim colha uma amostra de lama e guarde-a num dos vidros com água.

5. *Coleta de animais macroscópicos.* — Use rêdes, tarrafa, peneiras e anzóis para coletar os animais maiores, tais como peixes, siris, larvas de insetos, anfíbios, cobras d'água, etc. Guarde as larvas de insetos num vidro com fôlhas e galhos, pois êstes servirão de abrigo para elas. Os animais maiores devem ser guardados em vidros individuais. Cuidado com as mordidas durante a transferência dêstes. No laboratório os vidros com animais vivos devem ficar em lugar fresco ou na geladeira. Os vidros devem ser arejados periodicamente, para fornecimento de oxigênio.

2. Estudo no laboratório

MATERIAL

- Conta-gôtas.
- Pipetas.
- Giletes.

- Microscópio, lâminas e lamínulas.
- Lupa ou lentes.

PROCEDIMENTO

1. Cada grupo deve examinar o seu material e, com auxílio dos livros de referência ou do professor, determinar à que grupos pertencem os organismos colhidos. Prepare uma pequena exposição. Em cada animal observe a cor, forma, estruturas de locomoção, de alimentação, de fixação, etc. Relacione isso com o modo de vida. O grupo encarregado das plantas aquáticas deve raspar a superfície das folhas e dos caules e examinar no microscópio os microorganismos aí existentes.

2. Organize-se, no fim, um relatório geral, com a lista dos organismos estudados, observações sobre suas adaptações especiais e suas relações com as condições que vivem em cada uma das regiões da lagoa (superfície, fundo, lodo, sobre plantas, etc.) e quais são produtores, consumidores, ou decompositores.

QUESTÕES

a) Tente fazer um esquema das cadeias alimentares da comunidade da lagoa.

b) Quais são os consumidores primários? Quais os secundários?

c) Quais as plantas e os animais mais típicos de cada parte da lagoa?

EXTENSÃO DO EXERCÍCIO

Efeitos da temperatura nos batimentos do coração. — Determine o efeito da variação de temperatura no batimento do coração da pulga d'água (microcrustáceo). Monte o animal em lâmina com água e ponha um pedacinho de papel ao lado de tal modo que, ao colocar a lamínula, esta não o esprema muito. Ponha a lâmina numa placa de Petri com água que apenas cubra a lâmina.

Determine a temperatura. — Acrescente água morna à placa de Petri de modo que a temperatura suba 10° C, e conte de novo os batimentos cardíacos. Usando água gelada, obtenha um decréscimo de 10° C da temperatura inicial e conte os batimentos.

O mesmo exercício pode ser feito com rotíferos, pequenos caramujos de concha transparente ou mesmo com ovos de

caramujos onde se possam ver os embriões. Experimente também com girinos muito jovens.

Os movimentos do caramujo — 1. Prepare um papel com uma série de círculos concêntricos (feito com compasso, e lápis) distando 1 cm uns dos outros e adapte-o ao fundo de um recipiente circular com água. Ponha o caramujo no centro e determine a velocidade com a qual se afasta do centro. Ponha no recipiente água morna ou gelada e veja se a mudança de temperatura afeta a velocidade do caramujo. 2. Veja com que velocidade o caramujo se move numa superfície inclinada ou vertical fazendo-o andar numa régua de matéria plástica imersa em água. 3. Compare a velocidade com a qual o animal se move em uma superfície rugosa (lixa) e em uma lisa (régua de matéria plástica).

Efeitos da corrente elétrica nos organismos. — 1. Coloque uma cultura de paramécios num tubo em U ou numa lâmina. Mergulhe ou fixe os terminais de uma pilha nas extremidades do tubo ou da lâmina. Note para que polo se dirigem os paramécios. Inverta os polos e veja qual a direção agora. 2. Repita a operação com outros organismos, como pulgas d'água, outros crustáceos, larvas de insetos, etc.

Efeito da correnteza no comportamento dos organismos aquáticos. — Colete animais de riachos e ponha num aquário. Provoque uma corrente de água, fazendo jorrar água da torneira, de um lado, e retirando-a com um sifão do outro lado. Veja como os animais se comportam. Varie a velocidade de água e observe como varia seu comportamento. Submeta peixinhos de regato a correnteza de velocidade variável e verifique como reagem.

Experiências com pulgas d'água — Esses microcrustáceos (*Daphnia* e outros) são muito comuns e servem para numerosas demonstrações em biologia. Um dos melhores meios de cultura para elas é feito fervendo 25 g de terra e 5 g de estêrco (de preferência de cavalo) em 1 litro de água. 1. Deixe em repouso por 2 dias e filtre num pano fino. O material sólido que passa forma um sedimento no fundo do recipiente. Deixe mais 3 dias e depois adicione as pulgas d'água, que se alimentarão das bactérias presentes. Outro meio de cultura é feito com uma suspensão de fermento Fleischmann em água. O meio fica inicialmente turvo e quando as pulgas d'água terminam de comer o fermento, o meio se torna novamente limpo. Adicione então mais fermento. Mexa a água uma vez por dia e a renove todo mês se quiser conservar a cultura indefinidamente. 2. Cada aluno poderá receber uma fêmea adulta em um vidro de 100 ml, contendo meio de cultura, e

levar para casa. 3. As observações devem ser feitas diariamente durante um mês e os alunos devem observar o aumento do número de animais, o tempo que levam para se desenvolver, etc. Periódicamente algumas espécies poderão ser levadas para a escola e lá examinadas ao microscópio. Pode-se verificar quanto tempo leva um indivíduo de ovo à adulto e quantos filhos nascem de uma so fêmea. 4. Pode-se deixar uma cultura secar por tempo variado e depois adicionar água e observar se surgem pulgas d'água. Submeta uma cultura à variações de condições, como aumento ou diminuição da temperatura, diferentes concentrações de oxigênio ou gás carbônico, etc.

Medida da quantidade de dióxido de carbono (gás carbônico) dissolvido na água. — 1. Este exercício pode servir como base para a análise do balanço entre a fotossíntese e a respiração dos organismos da lagoa. Prepare uma solução estoque decinormal (0,4%) de hidróxido de sódio. Quando fôr usar, dilua 10 ml da solução estoque em 90 ml de água e a solução passará a ser centinormal (0,04%). Para determinar a quantidade do dióxido de carbono (sob forma de ácido carbônico) numa amostra de água, coloque, como indicador, 5 gotas de uma solução de fenolftaleína (20 g do pé em 10 ml de álcool etílico e depois dilua em 50 ml de água), em 100 ml da amostra a ser testada. Usando uma bureta ou pipeta graduada, titule a amostra. Adicione gota a gota a solução de hidróxido de sódio, até que a amostra se torne cor de rosa. Calcule a concentração do ácido carbônico na água e do óxido carbônico (CO_2) correspondente. 2. É possível medir a quantidade de dióxido de carbono existente em diferentes partes da lagoa, em diferentes horas do dia, e relacionar os resultados com os processos biológicos que aí ocorrem. Registre as condições de temperatura e luminosidade na hora de colheita das amostras. Elas devem ser colhidas em garrafas cheias e arrolhadas, se a titulação não fôr feita imediatamente (para evitar trocas com o CO_2 da atmosfera).

Medida de fotossíntese de uma planta aquática pela quantidade de CO_2 utilizado. — 1. Acrescente gás carbônico à uma amostra de água de lagoa (ou de bica) borbulhando nela, por um canudo, ar expirado. Divida a amostra em 3 frascos. 2. Pese duas quantidades iguais de uma mesma espécie de planta aquática (elódea, por exemplo) e ponha cada porção em um dos frascos. O terceiro ficará sem planta para servir de controle. 3. Ponha um dos frascos com planta ao sol e o outro deixe no escuro. Depois de 2 horas adicione fenolftaleína e titule o CO_2 existente, em cada frasco usando o processo explicado acima. 4. Calcule a quantidade de gás carbônico que resta dissolvido em cada um dos 3 frascos. 5.

Subtraia a quantidade encontrada no vaso controle (sem planta) da encontrada no vaso que esteve ao sol para obter a quantidade de CO_2 produzida pela planta. Divida isso pelo peso que durou a experiência (2, em nosso exemplo), para determinar a razão de fotossíntese (quantidade de CO_2 produzida por hora por grama de planta). 6. Subtraia a quantidade de CO_2 do vaso controle (sem planta) da encontrada no vaso com planta que ficou no escuro, para achar a quantidade de CO_2 produzido pela respiração da planta. Divida pelo peso da planta em gramas e pelo número de horas que durou a experiência para determinar a razão da respiração, por hora, por grama.

Medida da respiração de animais aquáticos pela dosagem do CO_2 desprendido. — 1. Ponha a mesma quantidade de água em 2 frascos. Num deles ponha um certo número de animais aquáticos previamente pesados. O outro frasco servirá de controle. Feche os frascos e deixe ficar por 1 hora. 2. Acrescente fenolftaleína aos 2 frascos e meça, pelo método descrito anteriormente, a quantidade de CO_2 em cada um deles. 3. Calcule a razão de respiração por grama de animal. Calcule também quanto CO_2 um dos animais produz por hora, em média.

Medida do oxigênio consumido por organismos de respiração aérea, da lagoa. — 1. Mergulhe um chumaço de papel de sódio e enrole num araminho. Prepare uma rolha furada e adapte nela um tubinho graduado. Prenda o araminho na parte inferior da rolha (figura 5). 2. Ponha o animal no frasco e arrolhe. Coloque na ponta do tubo uma gotinha de qualquer solução colorida (água com tinta, por exemplo). Coloque o tubo mergulhado num vaso grande com água, meça a temperatura desta e assinale o ponto do tubo em que está a base da gotinha colorida. Deixe assim uma hora ou várias. O oxigênio absorvido pelo animal é substituído por igual volume de CO_2 , mas este se combina com o hidróxido de sódio do papel de filtro e desaparece do ar que está dentro do frasco. Assim, a medida que o animal respira, a gota de solução colorida vai descendo no tubo e seu deslocamento indica o volume de oxigênio absorvido (e de CO_2 produzido). Repita a experiência mergulhando o frasco com o animal em água a diversas temperaturas (bem gelada, normal e morna) e procure manter a temperatura da água mais ou menos constante durante a experiência. Como varia a intensidade da respiração com a temperatura? Repita a experiência mantendo o frasco com o animal na geladeira. Que acontece com a intensidade da respiração?

EXERCÍCIO N.º 19

Estudo de uma comunidade marinha

FINALIDADE

Este exercício tem por fim dar um conhecimento direto aos principais tipos de organismos marinhos, e de sua distribuição nas diferentes zonas ecológicas. Dará ensejo, também, para o estudo de adaptações diversas e das cadeias alimentares. O exercício consta de uma parte de coleta e observação dos diversos habitats e de uma parte de preparação, classificação, e estudo do material no laboratório.

MATERIAL

- 10 frascos de diversos tamanhos.
- Cuba de pirex (20 x 40 cm).
- Placa de porcelana.
- Seringa e agulha de injeção.
- Pinças.
- Canivete.
- Pincéis.
- Seringa de borracha.
- 3 peneiras de malhas de tamanho diferente.
- Rêdes, tarrafa, material de pesca de linha.
- Lâmina de alumínio (10 cm x 15 cm).
- Fôlhas de papel almaço.
- Fôlhas de mataborrão fino.
- Solução de formol a 8%.

PROCEDIMENTO

1. Verifique numa tábua de marés qual o dia e a hora mais favoráveis à coleta (é possível obter essa informação no Instituto Oceanográfico de São Paulo); ou se informe com os pescadores a respeito.

2. Os diversos grupos de alunos poderão dividir o trabalho de modo a executar diferentes tarefas, por exemplo, assim:

Grupo A — procurará animais de vida livre que nadam ou flutuam.

Grupo B — coletará algas completas, isto é, com apressório (por onde se fixe) parte vegetativa e, sempre que possível, órgãos de reprodução.

Grupo C — Ficará encarregado dos animais e plantas que ficam debaixo das pedras.

Grupo D — trabalhará com o material da areia.

3. Cada grupo guardará os espécimes nos frascos apropriados, e se fôr necessário contendo fixador. Para observação de movimento de alguns dos animais capturados ponha-os na cápsula branca de porcelana.

4. No laboratório cada grupo de alunos examinará o material coletado e, com auxílio de livros de referência e do professor identificará os animais e plantas. Estes devem ser etiquetados e preparados para uma pequena exposição.

5. Para fixação, isto é, conservação de alguns animais mais interessantes em líquido preservador, use solução de formol a 8%. No caso de animais maiores é conveniente dar-lhes injeções de formol nas diferentes partes do corpo. Quando você quiser ter o animal (actínias, moluscos) com o corpo expandido, anestesie-o antes com uma solução de sulfato de magnésio e depois coloque-o no formol.

6. Para preparação das algas, encha a cuba com água e ponha a alga dentro. Coloque sobre a placa de alumínio o papel almaço e ponha o conjunto dentro da cuba, em seguida coloque a alga sobre o papel e, com auxílio da seringa e dos pincéis, vá limpando e dispondo a alga numa posição conveniente. Quando terminar, retire cuidadosamente o conjunto de dentro da cuba evitando que haja mudança de posição; cubra-a com uma folha de mataborrão e substitua a placa de alumínio por outra folha de jornal e coloque na prensa do herbário. Deixe esta amarrada (bem apertada) exposta ao sol até secar. No fim do processo você terá as algas secas e prontas para o herbário. Etiquete-as marcando o local e a data da coleta, e a classificação.

7. Organize-se uma lista de animais e plantas mais frequentes em cada ambiente estudado na excursão e escreva-se um relatório sobre as adaptações mais interessantes que foram encontradas.

QUESTÕES

a) Que grupos de animais e de plantas, bem representados nas rochas da costa são raros ou ausentes na praia e no mar?

b) Que grupos de animais e de plantas, abundantes no mar e na praia, são raros ou ausentes nas rochas da costa?

c) Que fatores principais causam as diferenças de vegetação que você encontrou na costa a diferentes distâncias do mar?

d) Tente esquematizar a cadeia alimentar de que fazem parte os cações.

EXTENSÃO DO EXERCÍCIO

Fertilização e desenvolvimento do ouriço-do-mar

FINALIDADE

A rapidez com que se dá a fertilização e o número de ovos, são fatores muito importantes na sobrevivência das espécies marinhas. Vamos obter uma idéia concreta sobre isto estudando o ouriço. Ao mesmo tempo observaremos como se processam a clivagem do ovo e as primeiras fases do desenvolvimento no embrião.

MATERIAL

- Tesoura.
- Placas de Petri.
- Cubas.
- 2 seringas.
- Microscópio, lâminas e lamínulas.
- Vidro de relógio.
- Pincas.
- Gase.

PROCEDIMENTO

1. Colete alguns ouriços e ponha em frascos com água do mar. Servem tanto os esféricos (regulares) como os achatados (irregulares) ou mesmo as estrêlas-do-mar.

2. Ponha água do mar fresca, numa cuba. Corte a região ao redor da boca do ouriço, e remova o aparelho bucal: em seguida ponha o ouriço na cuba com a região bucal para cima.

3. Nessas condições começam a soltar-se do ouriço umas massas coloridas, que são formadas de gametas (óvulo ou espermatozóides, conforme o sexo). Outro método para obter gametas do ouriço é injetar 5 ml de uma solução 0,5 M de cloreto de potássio. A injeção determina a expulsão dos gametas dentro de 5 ou 10 minutos, e os animais podem ser mantidos vivos para estudos posteriores. Pode-se ainda provocar a expulsão dos gametas aplicando uma corrente de, no mínimo, 6 volts na região bucal. Os espermatozóides e óvulos se desprendem imediatamente, e os animais se conservam vivos. Não é possível determinar previamente o sexo dos animais, de modo que, para obter os dois tipos de gametas, deve-se usar vários animais até conseguir um macho e uma fêmea. Examine a

água em que se desprendem os gametas para verificar se se trata de óvulos ou espermatozóides.

4. Filtre alguns óvulos, passando a massa expulsa por uma gase e ponha-os em água do mar fresca. Observe-os ao microscópio.

5. Dilua os espermatozóides pondo uma gôta de esperma em 5 ml de água do mar fresca.

6. Ponha num vidro de relógio um pouco do líquido que contém os espermatozóides junto com um pouco do que contém os óvulos e agite lentamente.

7. Observe ao microscópio a entrada dos espermatozóides nos óvulos, a formação da membrana de fecundação e as fases da segmentação. A temperatura ideal para a realização do processo vai de 15° C até 25° C. A primeira clivagem (que dá 2 células) ocorre aproximadamente aos 90 minutos; a segunda (4 células), aos 120 minutos; a terceira (8 células), aos 150 minutos; a quarta (16 células), aos 180 minutos. A blástula é esférica e ciliada e se forma depois de 14 horas. Ela se liberta da membrana de fecundação umas 12 horas depois. O estágio de gástrula é atingido depois de 2 dias e pode-se ver o ectoderma. Os embriões podem permanecer vivos durante 10 ou 12 dias se água do mar fresca, for adicionada periodicamente.

EXERCÍCIO N.º 20

Competição num ambiente no laboratório

FINALIDADE

Num mesmo ambiente, muitas espécies vivem juntas, dependem umas das outras, e em alguns casos competem na disputa de espaço e alimento.

Este exercício visa demonstrar essas interrelações numa comunidade simples, com poucos organismos, cultivada no laboratório, e determinar quais os fatores que causam a predominância de umas espécies sobre outras.

MATERIAL

- 10 placas de Petri.
- Almofariz.
- Agar-agar (para o meio de cultura).
- Aveia em flocos.
- Estilete para inoculação.
- Proveta.

PROCEDIMENTO

1. Prepare o meio de cultura da seguinte maneira: triture num almofariz umas 15 g de aveia em flocos, ponha no fogo com 400 ml de água e deixe ferver durante 20 minutos. Filtre com gase para retirar a aveia sobrenadante e adicione 8 g de agar-agar. Ferva lentamente, mexendo sempre até dissolver o agar. Despeje nas placas de Petri, previamente fervidas e deixe esfriar. Se você dispõe de geladeira ponha o agar nas 10 placas ao mesmo tempo, e guarde 5 no refrigerador, para usar mais tarde. Caso contrário prepare somente cinco e na hora de usar, mais cinco.

2. Exponha cinco placas ao ar, colocando-os na beira de uma janela. Provavelmente desenvolver-se-ão muitos tipos de fungos neste meio de cultura favorável. Espere uns cinco dias para ver quais as espécies mais bem sucedidas em cada uma das placas, qual o aspecto do micélio, e se aparecem esporos.

3. Selecione as duas espécies que melhor se desenvolveram, e observe no microscópio. Procure identificá-las usando livros de referência, consultando o professor ou especialistas no assunto.

4. Inocule as duas espécies selecionadas, uma em cada lado da placa de Petri previamente preparada. Para inocular tome a agulha, aqueça na chama, espere esfriar, e coloque sobre o agar. Tenha cuidado de tirar só o fungo que você quer usar. Tape rapidamente quatro das placas, e a restante deixe exposta no mesmo lugar em que estavam as placas primitivas, uma das outras placas deve ficar num lugar escuro e fresco e a outra num lugar escuro e quente, uma terceira num lugar claro e quente e a última num lugar claro e fresco.

5. Observe diariamente durante uma semana, e veja o que acontece.

QUESTÕES

a) De onde surgiram os fungos que se desenvolveram sobre a placa?

b) Em todas as placas o resultado da competição foi o mesmo?

c) Das duas espécies selecionadas, qual a mais bem sucedida, depois que você as separou de todas as outras? Qual a causa da sua vitória na luta pela vida?

d) Em todos os ambientes, o resultado foi o mesmo? Quais os fatores que determinaram o resultado?

Composto e Impresso
ESCOLAS PROFISSIONAIS SALESIANAS
Rua Dom Bosco, 441 (Moóca)
Fone: 33-5459 — SÃO PAULO